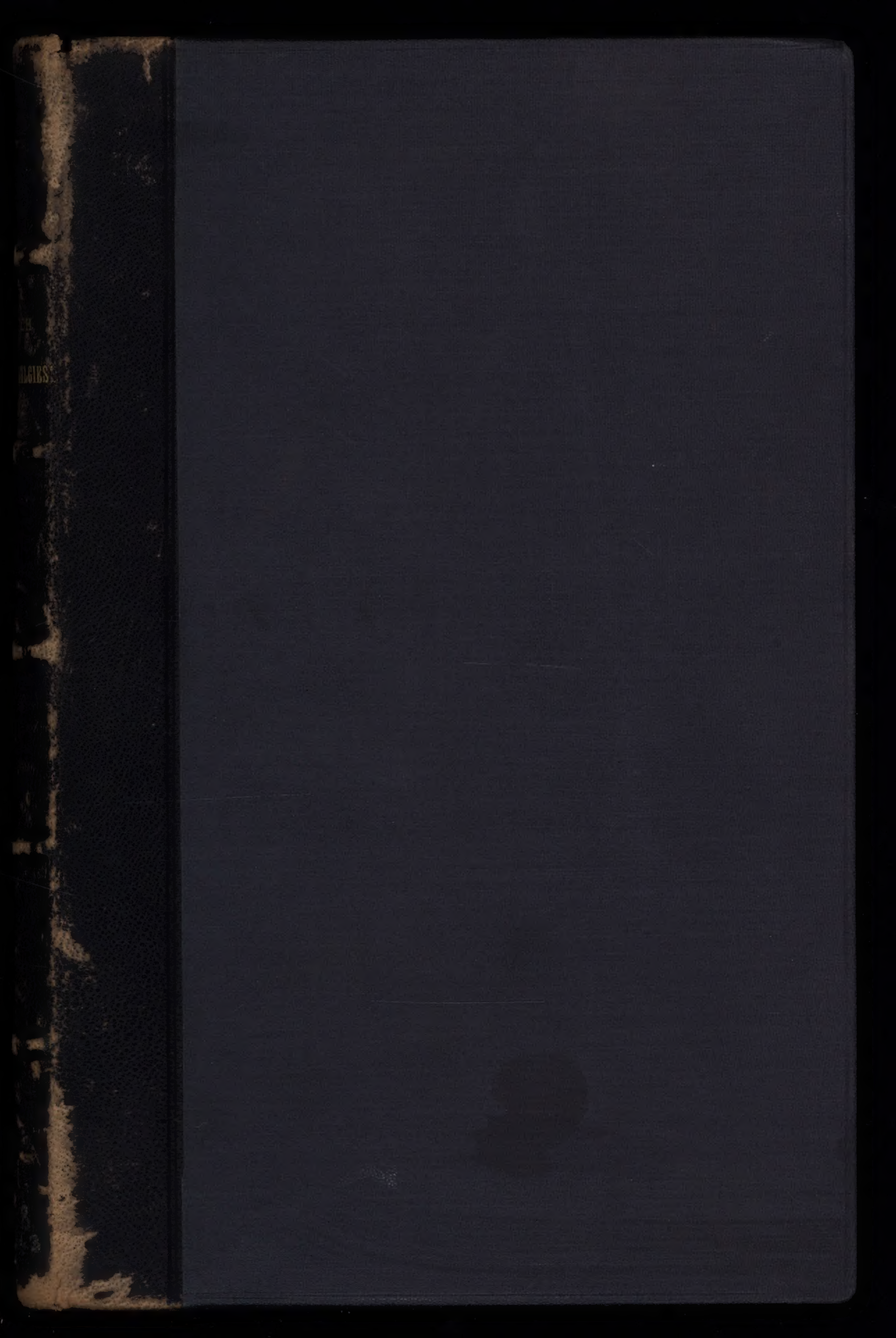
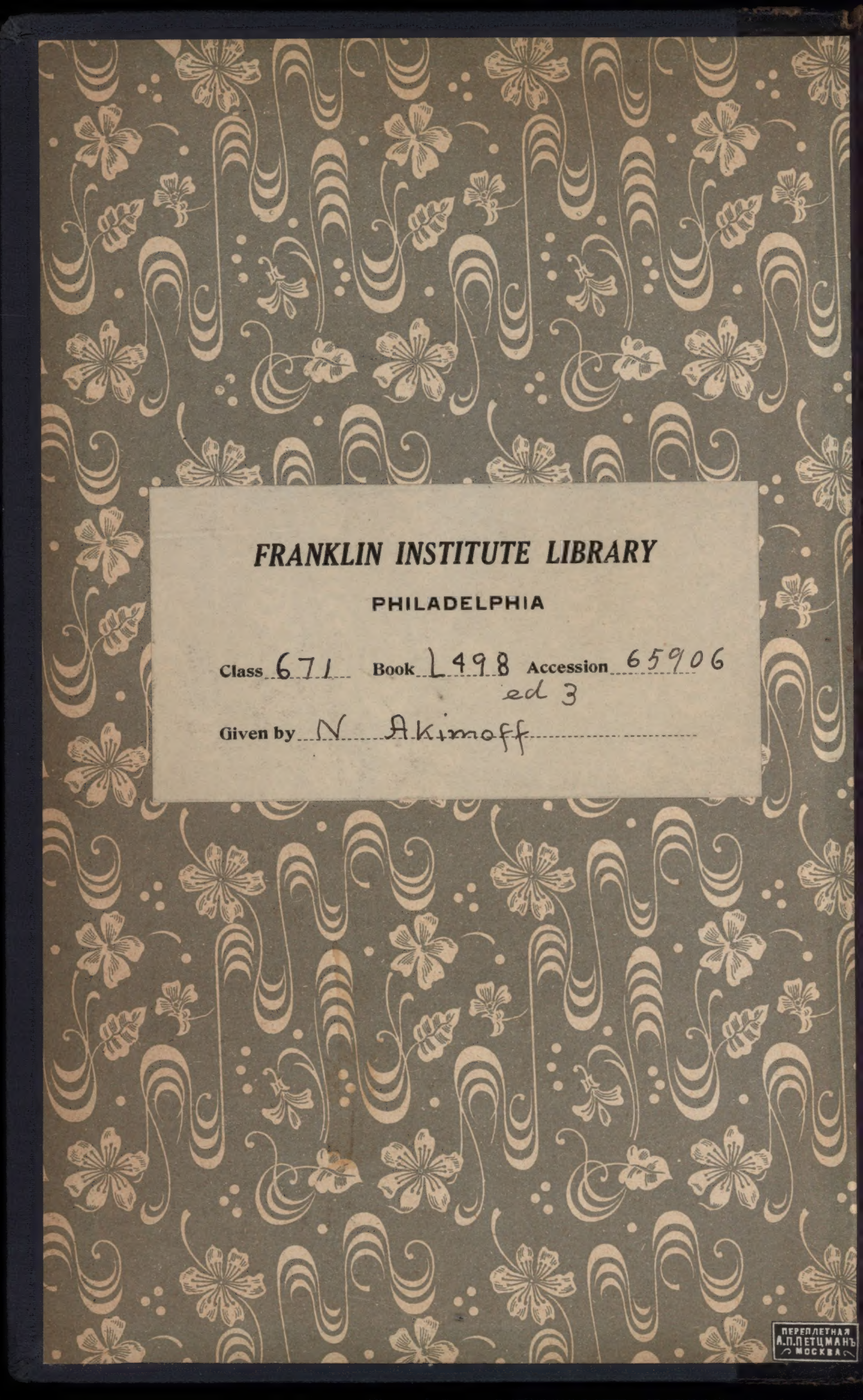



ПЕРЕПЛЕТНАЯ
А.П.ПЕТЦМАНЪ
МОСКВА


Akimoff

Handbuch

der

Eisen- und Stahlgiesserei

umfassend

die Darstellung des gesamten Giessereibetriebes, Regeln für die Anlage von Giessereien

sowie eine

Anleitung zur Buchführung und Selbstkostenberechnung

Auf wissenschaftlicher Grundlage für den Gebrauch im Betriebe

bearbeitet

von

A. Ledebur

Geheimer Bergrat und Professor an der Königl. Bergakademie zu Freiberg in Sachsen

---

Dritte neubearbeitete Auflage

Mit 226 Textabbildungen



Leipzig 1901

Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.

Vorwort.

In den neun Jahren, welche seit dem Erscheinen der zweiten Auflage dieses Handbuchs verstrichen sind, hat die Eisen- und Stahlgiesserei mancherlei Fortschritte zu verzeichnen. Die Maschinenarbeit ist in noch umfänglicherem Masse als früher an die Stelle der Handarbeit getreten nicht nur bei der Herstellung der Gussformen, sondern auch bei der Aufbereitung der Formmaterialien, der Bedienung der Schmelzöfen, dem Putzen der Gusswaren und bei anderen Verrichtungen; die Grundsätze für die Einrichtung der Giessereien sind etwas andere geworden, nachdem die Ansprüche an deren Erzeugungsfähigkeit erheblich gesteigert worden waren. Ich bin bemüht gewesen, diesen Fortschritten bei Bearbeitung der neuen Auflage nach Möglichkeit Rechnung zu tragen, ohne den Umfang des Buches wesentlich auszudehnen.

Die Abbildungen, von denen manche ältere beseitigt und durch neue ersetzt wurden, sind diesesmal sämtlich dem Texte eingefügt. Ich hoffe, dass auch diese Aenderung, welche den Vergleich des geschriebenen Worts mit der Abbildung erleichtert, als eine Verbesserung bezeichnet werden darf.

Freiberg in Sachsen, im April 1901.

A. Ledebur.

Inhaltsverzeichnis

Zweiter Abschnitt.

Das Schmelzen.

Dritter Abschnitt.

Verschiedene Hilfsvorrichtungen der Giessereien.

Vierter Abschnitt.

Die Gussformen und ihre Herstellung.

Fünfter Abschnitt.

Das Giessen und die sich anschliessenden Arbeiten.

Sechster Abschnitt.

Von der Herstellung bestimmter Gusswaren-Gattungen.

Siebenter Abschnitt.

Die Anlage der Eisen- und Stahlgiessereien.

Achter Abschnitt.

Buchführung, Löhne und Selbstkostenrechnung.

Einleitung.

Geschichtliches und Begriffserklärungen.

Obschon die Kunst, aus Metallen, insbesondere aus Bronze, Gebrauchsgegenstände durch Schmelzen und Giessen zu fertigen, schon in vorgeschichtlicher Zeit bei verschiedenen Völkern betrieben wurde, wie uns die zahlreichen in Sammlungen aufbewahrten Funde solcher Gegenstände beweisen, wurde das Eisen, das für unsere Gewerbthätigkeit wichtigste aller Metalle, doch erst seit dem Mittelalter für jene Verwendung herangezogen. Im Altertume besass man nicht die Mittel, geschmolzenes Eisen darzustellen. Man erzeugte schmiedbares Eisen unmittelbar aus den Erzen in Form eines teigartigen, mit Schlacke durchsetzten Klumpens, welcher durch Schmieden von Schlacke befreit und ausgestreckt wurde. Entstand einmal durch einen Zufall geschmolzenes Eisen (Roheisen), so betrachtete man das als einen unwillkommenen Vorgang und wandelte durch wiederholtes Umschmelzen jenes vermeintliche Misserzeugnis in schmiedbares, nichtflüssiges Eisen um. Nach Aristoteles sollen die Chalyber, ein Volksstamm am schwarzen Meere, nicht selten solches flüssiges Eisen dargestellt haben.

Eine gewerbmässige Darstellung geschmolzenen Eisens wurde erst möglich, als man angefangen hatte, Wasserkraft für den Betrieb der Gebläse zu benutzen. Man konnte nunmehr die zur Eisenerzeugung dienenden Oefen über das bis dahin übliche Maass hinaus vergrössern; in dem grösseren Ofen entstand eine höhere Temperatur, und in der höheren Temperatur bildete sich, jedenfalls ohne dass man es von vornherein erwartet hatte, flüssiges Eisen.

Man erkannte jedoch sofort, dass dieses in dem höheren Ofen (anfangs Blase- oder Blauofen, später Hochofen genannt) erfolgende flüssige Metall nicht jenes Eisen war, welches man bis dahin aus den Erzen gewonnen hatte. Es war zwar dünnflüssig und giessbar, aber vollständig unschmiedbar. Schmolz man es aber in jenen kleineren Oefen um, die bis dahin zur Darstellung schmiedbaren Eisens benutzt worden waren,

so verlor es seine Dünnflüssigkeit und wurde schmiedbar. Man betrachtete es als ein unvollständig gereinigtes Erz und nannte es demzufolge Roheisen.

Vermutlich ist an verschiedenen Orten die Erfindung der Roheisendarstellung gemacht worden, ohne dass man gegenseitig Kenntnis davon besass; ja, man wird im Anfange das unbeabsichtigt gewonnene Roheisen, wie im Altertume, als ein Misserzeugnis betrachtet haben. Noch im vorigen Jahrhundert erhielt man in steirischen Oefen, welche dazu bestimmt waren, schmiedbares Eisen aus Erzen zu erzeugen, regelmässig auch etwas Roheisen, welches durch Umschmelzen in schmiedbares Eisen umgewandelt wurde[1]).

Eine regelmässige Roheisenerzeugung konnte erst lohnend werden, als man angefangen hatte, das geschmolzene Roheisen zu Gusswaren zu verarbeiten; da aber nicht alles Roheisen gleich gut für diesen Zweck sich eignet, entwickelte sich der Hochofenbetrieb zunächst vornehmlich da, wo die Beschaffenheit der vorhandenen Eisenerze die Entstehung eines für die Giesserei brauchbaren Roheisens ermöglichten. Zu einer lebhaften Entfaltung gelangte der Hochofen- und Giessereibetrieb gegen Ende des 15. und im Anfange des 16. Jahrhunderts am Harz, in Thüringen, Franken, England und anderen Ländern. Man goss Geschütze und Geschützkugeln, Töpfe, Maschinenteile Ofenplatten, und die letzteren, welche teilweise noch erhalten sind (meistens mit aufgegossener Jahreszahl), lassen erkennen, dass im 16. Jahrhunderte nicht allein die Kunst des Eisengiessens zu einer erfreulichen Vollkommenheit ausgebildet worden war, sondern dass man auch auf künstlerische Ausführung der Modelle Wert legte[2]).

Jahrhunderte lang blieben Hochofen- und Giessereibetrieb in der Weise eng verbunden, dass man das im Hochofen erzeugte flüssige Roheisen (Gusseisen) sofort in die Gussformen eingoss. Ein Umschmelzen des Roheisens fand nur ausnahmsweise statt; der Hochofen wurde unmittelbar für die Giesserei betrieben. Schmiedbares Eisen stellte man entweder aus den bei der Giesserei entstehenden Abfällen oder in alter Weise unmittelbar aus Erzen dar. Erst als gegen Ende des 18. Jahrhunderts der Bedarf an schmiedbarem Eisen anfing, erheblich zuzunehmen, und man verbesserte Verfahren zur Verarbeitung des Roheisens auf schmiedbares Eisen erfunden hatte, fing man an, zahlreichere Hochöfen auch auf solches Roheisen zu betreiben, welches nicht für die Giesserei, sondern zum Verfrischen, d. h. zur Darstellung schmiedbaren Eisens, bestimmt war.

---

[1]) Gabriel Jars, Metallurgische Reisen. Aus dem Französischen übersetzt von Dr. C. A. Gerhard. Berlin 1777, Band I, Seite 66.

[2]) Vergleiche hierüber unter anderm: L. Bickell, Die Eisenhütten des Klosters Haina und der dafür thätige Formschneider Philipp Soldan von Frankenberg. Mit 9 Lichtdrucktafeln. Marburg 1889. — Eduard Schott, Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854 (mit 2 Abbildungen von Ofenplatten aus dem 16. Jahrhunderte). — Ludw. Harald Schütz, Der Eisenhammer. Ein technologisches Gedicht des 16. Jahrhunderts, verfasst von Nicolaus Bourbon dem Aelteren. Göttingen 1895 (das Gedicht enthält eine Beschreibung des Hochofen- und Giessereibetriebes eines französischen Eisenwerks im Jahre 1517).

Stahl (oder allgemein schmiedbares Eisen) konnte man bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts nicht im flüssigen Zustande erzeugen. Nur die eine Eisengattung, das Roheisen, vermochte man zu schmelzen und zu giessen. So kommt es, dass man sich gewöhnte, unter der an und für sich einen allgemeineren Begriff umschliessenden Bezeichnung Gusseisen doch nur das durch Giessen zu Gebrauchsgegenständen verarbeitete Roheisen, unter der Bezeichnung Eisengiesserei das Verfahren jener Verarbeitung des Roheisens zu verstehen.

Das Stahlschmelzen erfand man gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, und man nannte den im geschmolzenen Zustande gewonnenen Stahl Gussstahl. In neuerer Zeit, nachdem mehrere Verfahren zur Darstellung flüssigen Stahles erfunden worden waren, wurde jene Benennung durch den allgemeineren Ausdruck Flussstahl ersetzt, ohne jedoch bis jetzt ganz aus dem Sprachgebrauche verschwunden zu sein[1]). Viele Jahrzehnte hindurch aber goss man aus dem geschmolzenen Stahle nur Blöcke, welche zum Ausschmieden bestimmt waren, und aus welchen Werkzeugstahl, später — zuerst durch Fr. Krupp — auch Maschinenteile oder Geschütze durch Schmieden und fernere Bearbeitung gefertigt wurden. Während demnach das Wort Gusseisen sich nur auf gegossene Gebrauchsgegenstände bezieht, bezeichnen die Ausdrücke Gussstahl und Flussstahl nur die Stahlgattung (als Gegensatz zum Schweissstahl, welcher im nichtflüssigen Zustande erfolgt) ohne Rücksicht auf die Art und Weise der stattgehabten Verarbeitung.

Die Aufgabe, geschmolzenen Stahl durch Eingiessen in Formen unmittelbar, wie schon vorher das Roheisen, zu Gebrauchsgegenständen zu verarbeiten, hielt man lange Zeit hindurch für unausführbar. Erst im Jahre 1851 brachte die Bochumer Gussstahlfabrik gegossene und nicht durch Schmieden weiter verarbeitete Stahlwaren in den Handel. Zunächst waren es Glocken, welche man aus Stahl goss; bald folgten Maschinenteile und andere Gegenstände nach, und von jener Zeit an fand das Verfahren der Stahlgiesserei eine von Jahr zu Jahr wachsende Verbreitung. Man nennt die aus Stahl gegossenen Gebrauchsgegenstände Stahlguss oder auch, zur besseren Unterscheidung von jenen für die Weiterverarbeitung bestimmten Stahlblöcken, Stahlformguss, und man pflegt diese Ausdrücke auf alle aus schmiedbarem Eisen erzeugten Gusswaren auszudehnen, selbst wenn das Material seiner chemischen Zusammensetzung und seinem Verhalten nach nicht eigentlich als Stahl im engeren Sinne gelten sollte[2]).

---

[1]) Da man den Stahl anfänglich nur in Tiegeln schmolz, beschränken manche auch jetzt noch die Benennung Gussstahl auf den in Tiegeln geschmolzenen Stahl (den Tiegelstahl), obwohl der Bedeutung des Ausdrucks gemäss seiner Anwendung auf die Bezeichnung allen im geschmolzenen Zustande gewonnenen Stahls nichts entgegensteht.

[2]) Es muss hier erwähnt werden, dass der Ausdruck „Stahl" nicht stets in der gleichen Weise ausgelegt wird. In Grossbritannien, Nordamerika, Frankreich nennt man alles im geschmolzenen Zustande erfolgende schmiedbare Eisen „Stahl"; in Deutschland soll zwar amtlich nur das kohlenstoffreichere und deshalb festere, härtere und deutlich härtbare Metall unter der Benennung „Stahl" verstanden werden, aber auf den Eisenwerken wie im gewöhnlichen Leben ist es allgemein üblich, ebenso wie in anderen Ländern auch alles im flüssigen Zustande gewonnene schmiedbare Eisen, sei es auch noch so weich, Stahl zu nennen.

Ganz streng lässt sich in jetziger Zeit der Unterschied zwischen Eisen- und Stahlguss nicht immer feststellen. Selbst wenn man das Wort Eisenguss seiner besprochenen älteren Auslegung gemäss nur auf die aus Roheisen, d. h. nicht schmiedbarem Eisen, gefertigten Gusswaren beschränken, das Wort Stahlguss dagegen auf alle aus schmiedbarem Eisen gegossenen Gegenstände ausdehnen will, treten uns doch bisweilen Uebergangsformen zwischen den beiden Eisengattungen (Roheisen und Stahl) entgegen; mitunter auch mischt man zur Erzielung gewisser Erfolge Roheisen und Stahl miteinander, und da der Laie gewohnt ist, mit dem Ausdrucke Stahl den Begriff einer besonders vorzüglichen Eisenart zu verbinden, liegt die Versuchung nahe, in solchen Fällen das Erzeugnis als „Stahlguss“ zu bezeichnen, auch wenn es seinem Verhalten nach den Namen nicht verdient.

Erster Abschnitt.

Das giessbare Eisen.

Nicht alles Eisen[1]) ist giessbar. Wollte man versuchen, chemisch reines Eisen (welches gewerblich überhaupt nicht dargestellt wird) oder jenes leicht schmied- und schweissbare, vom Schmiede und Schlosser meistens verwendete Eisen, welches in seiner Zusammensetzung dem reinen Eisen am nächsten steht, zu schmelzen und zu giessen, ohne besondere Kunstgriffe anzuwenden und ohne Zusätze zu geben, durch welche die chemische Zusammensetzung geändert wird, so würde man einem entschiedenen Misserfolge begegnen. Abgesehen davon, dass die Schmelztemperatur dieses Eisens sehr hoch liegt (1500° C. oder noch etwas darüber), die Schmelzung und die zum Giessen unentbehrliche Ueberhitzung also ziemlich schwierig ausführbar ist, würde das flüssige Metall Gase aufnehmen und sie während des Erstarrens wieder entlassen, infolge davon sich aufblähen, die Gussformen nur unvollständig ausfüllen und mit Gasblasen durchsetzte, wenig brauchbare Abgüsse liefern.

Durch Aufnahme gewisser Fremdkörper wird das Eisen besser für die Herstellung von Gusswaren befähigt. Die Schmelztemperatur wird erniedrigt, die Gasentwickelung verringert; das Metall wird giessbar. Die Menge jener fremden Körper, deren Anwesenheit diesen Erfolg bewirkt, beträgt mitunter (beim Stahle in dem erläuterten weiteren Sinne) weniger als 1 v. H., im Roheisen (Gusseisen) meistens 5 bis 10 v. H. Vorzugsweise sind es Kohlenstoff und Silicium, deren Aufnahme dem Eisen Giessbarkeit verleiht; auch Phosphor wirkt günstig auf das Verhalten beim Giessen, benachteiligt aber, wenn er in reichlicher Menge anwesend ist, die Haltbarkeit der fertigen Gussstücke. Fernerhin kann ein gewisser Mangangehalt in manchen Fällen nützlich sein; neuerdings

[1]) Unter der Benennung Eisen ist hier das Metall im allgemeinen verstanden; also auch der Stahl, welcher in jedem Falle, mag man die Bezeichnung auslegen, wie man will, nur eine besondere Eisenart bildet.

benutzt man auch in nicht seltenen Fällen das Aluminium als Zusatz zum Stahl, um diesen besser giessbar zu machen.

In welchen Gewichtsmengen die genannten Körper im Eisen anwesend sein müssen, um ihm Giessbarkeit zu verleihen, und anwesend sein dürfen, ohne sein sonstiges Verhalten nachteilig zu beeinflussen, wird unten bei Besprechung der Eisengattungen und ihrer Eigenschaften ausführliche Erörterung finden. Sonstige, im gewerblich dargestellten Eisen selten fehlende Körper, deren Gehalt jedoch nicht beträchtlich genug zu sein pflegt, um die Giessbarkeit deutlich zu beeinflussen, sind Schwefel, Kupfer, Nickel, Arsen, Antimon.

Jene Eigenschaft, erst durch Legierung mit anderen Körpern giessbar zu werden, teilt das Eisen mit den meisten sonstigen, für Herstellung von Gebrauchsgegenständen verwendeten Metallen. Kupfer, Nickel, Silber, Gold verhalten sich genau ebenso und werden deshalb kaum jemals im ganz reinen Zustande für die Herstellung von Gusswaren benutzt.

I. Das Roheisen (Gusseisen).

Roheisen ist das an fremden Körpern reichere Eisen, welches wegen dieses grösseren Gehalts an Fremdkörpern die dem reineren Eisen eigentümliche Geschmeidigkeit (im engeren Sinne Schmiedbarkeit genannt) eingebüsst hat, aber in verhältnismässig niedriger Temperatur (1100 bis 1200 ° C.) schmilzt, dabei plötzlich, d. h. ohne allmählich bei zunehmender Temperatur zu erweichen, in den flüssigen Zustand übergeht und ebenso plötzlich starr wird.

Dass man das Roheisen, wenn es zu gegossenen Gegenständen verarbeitet wurde, Gusseisen zu nennen pflegt, wurde schon oben erwähnt. Man spricht von einer gusseisernen Säule, einem gusseisernen Stubenofen, einem gusseisernen Dampfcylinder u. s. f. In chemischer Beziehung waltet kein Unterschied ob. Ist der gusseiserne Gegenstand für seinen Zweck unbrauchbar geworden, so heisst das Metall Alteisen, Brucheisen oder Gussschrot; es wird, wie das ursprüngliche Roheisen, geschmolzen, um aufs neue verarbeitet zu werden.

Der Gehalt an Fremdkörpern, bei welchem die Grenze zwischen Roheisen und schmiedbarem Eisen (Stahl) liegt, beträgt ungefähr 2,6 v. H. und ist übrigens abhängig von der Beschaffenheit jener Körper selbst. Auch findet der Uebergang allmählich statt, so dass eine scharfe Grenze sich nicht ziehen lässt.

Der wichtigste unter den fremden Bestandteilen des Roheisens ist der Kohlenstoff, dessen Gehalt nur ausnahmsweise weniger als 2,5 v. H., meistens 3 bis 4 v. H., in einzelnen Fällen noch darüber beträgt. Neben diesem finden sich alle die schon obengenannten Begleiter.

Die Darstellung des Roheisens geschieht in Hochöfen, d. i. Gebläse-Schachtöfen von 10 bis 25 m Höhe, durch Schmelzen der Eisenerze mit Holzkohlen, Koks, in einzelnen Fällen auch rohen, nichtbackenden Steinkohlen (Schottland) oder Anthraziten (Pennsylvanien). Durch Beigabe von Zuschlägen, gewöhnlich Kalkstein, wird die Bildung einer ausreichend schmelzbaren Schlacke aus den fremden nichtflüchtigen

Bestandteilen der Erze bewirkt. Im unteren Teile des Hochofens sammelt sich das geschmolzene und stark überhitzte Roheisen (die Temperatur vor den Formen — Windeinströmungsöffnungen — des Hochofens pflegt ungefähr 2000° C. zu betragen), um von Zeit zu Zeit durch Oeffnen des Stichlochs abgelassen zu werden. Man lässt es in Formen laufen, in welchen es zu Masseln oder Gänzen erstarrt, Roheisenbarren, welche für das Wiedereinschmelzen bestimmt sind, oder auch, man giesst unmittelbar Gebrauchsgegenstände daraus. Letzteres Verfahren, welches bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts fast allein üblich war, ist wegen der geänderten Zeitverhältnisse und des geänderten Betriebes der Hochöfen selten geworden. Näheres hierüber findet sich im zweiten Abschnitte.

Zur Ersparung an Brennstoff pflegt man die Hochöfen mit mehr oder minder hoch erhitztem Winde zu betreiben (Windtemperaturen 400 bis 800° C.). Dadurch wird auch in dem unteren Teile des Hochofens eine beträchtliche Temperatursteigerung hervorgerufen. Die Erfahrung lehrt ausserdem, dass bei dem Betriebe der Hochöfen mit mineralischen Brennstoffen (Koks, Steinkohlen) die Temperatur höher zu sein pflegt als bei dem Betriebe mit Holzkohlen. Die gesteigerte Temperatur aber gibt Gelegenheit zu einer reichlicheren Reduktion fremder Körper aus den Erzen und zu ihrer Aufnahme durch das Roheisen. Manche Körper, welche in weniger hoher Temperatur verschlackt werden, gehen in der höheren Temperatur zum Teil in das Roheisen über (Titan, Chrom u. a.). Daher ist das mit Holzkohlen erzeugte Roheisen durchschnittlich reiner von Fremdkörpern als das mit mineralischen Brennstoffen dargestellte; das mit kaltem oder wenig erhitztem Winde erblasene reiner als das mit stark erhitztem Winde erzeugte.

Ob aber die grössere Reinheit vorteilhaft oder nachteilig sei, muss von den besonderen Zwecken, denen das Roheisen dienen soll, und der Art und Weise der Verarbeitung abhängig sein.

Nach seiner chemischen Zusammensetzung und seinem von dieser abhängigen Verhalten unterscheidet man nachstehend besprochene Gattungen und Arten des Roheisens.

I. Das weisse Roheisen und das Eisenmangan.

Die Farbe der Bruchfläche ist weiss, der Benennung dieser Roheisengattung entsprechend, das Gefüge, abweichend bei verschiedenen Arten, blätterig, strahlig oder dicht. Die Härte des weissen Roheisens ist so bedeutend, dass es durch die Feile nicht angegriffen wird; daneben sind die meisten Arten so spröde, dass sie im Stahlmörser ohne Schwierigkeit sich pulvern lassen.

Hieraus folgt ohne weiteres, dass das weisse Roheisen, für sich allein verwendet, zur unmittelbaren Herstellung gegossener Gebrauchsgegenstände, welche durch schneidende Werkzeuge bearbeitungsfähig und thunlichst wenig spröde sein sollen, nicht brauchbar ist. Man benutzt es jedoch in den Giessereien bisweilen, um durch Zusatz zu anderem Roheisen (grauem Roheisen, Siliciumeisen) beim Schmelzen ein Erzeugnis von bestimmten Eigenschaften zu gewinnen; ausserdem auch zur Darstellung des sogenannten schmiedbaren Gusses, d. h. von Guss-

stücken, welche nach dem Giessen durch Glühen unter oxydierenden Einflüssen des grössten Teiles ihres Kohlenstoffgehalts beraubt und dadurch in schmiedbares, geschmeidiges Eisen umgewandelt werden.

Die wesentlichen Bestandteile des weissen Roheisens sind Eisen und Kohlenstoff. Letzterer ist mit dem Eisen gleichmässig legiert (gebunden), dem Auge also nicht erkennbar und nur auf chemischem Wege von dem Eisen zu trennen. Seine Menge beträgt 2,3 bis 4 v. H. in dem eigentlichen Weisseisen, kann aber bei hohem Mangangehalte bis auf 7 v. H. steigen[1]).

Ein Mangangehalt ist zwar nicht unbedingt erforderlich für die Entstehung des Weisseisens, bildet aber trotzdem einen wichtigen Bestandteil mancher Weisseisensorten. Geht er über 25 v. H. hinaus, so erhält das Metall den schon in der Ueberschrift aufgeführten Namen Eisenmangan.

Der Siliciumgehalt ist niemals bedeutend, und er kann aus Gründen, welche bei Besprechung der Eigenschaften des grauen Roheisens Erörterung finden werden, überhaupt nicht bedeutend sein, ohne dass das Roheisen seine Eigentümlichkeit als weisses Roheisen verliert. Im übrigen kann der Siliciumgehalt um so höher sein, je grösser der Mangangehalt und je niedriger der Kohlenstoffgehalt ist.

Zwischen den Eisenmanganen mit hohem Mangan- und Kohlenstoffgehalte und dem mangan- und kohlenstoffarmen Weisseisen treten uns bestimmte, in nachstehendem genannte und beschriebene Arten des weissen Roheisens entgegen, die in ihren ausgeprägtesten Formen sich deutlich voneinander unterscheiden, obschon der Uebergang von der einen zur anderen durch weniger deutlich gekennzeichnete Zwischenglieder vermittelt wird.

Eisenmangane, Mangangehalt meistens zwischen 30 bis 80 v. H. schwankend, Kohlenstoffgehalt 5 bis 7 v. H. Sie besitzen eine gelblichweisse Bruchfläche von dichtem Gefüge, zeigen aber an Stellen, wo die Luft beim Erkalten beschränkten Zutritt fand, oft prächtige Anlauffarben und besitzen starke Neigung, in Drusenräumen nadelförmige oder säulenförmige Kristalle zu bilden. Sie sind ausserordentlich spröde und finden unmittelbar für die Giesserei kaum irgend eine Verwendung. Ihre eigentliche Bestimmung ist, bei der Darstellung flüssigen schmiedbaren Eisens (Flusseisens, Stahls) als Zusatz zu dienen, um diesem einen etwa aufgenommenen Sauerstoffgehalt zu entziehen.

Spiegeleisen. Man bezeichnet mit diesem Ausdrucke eine eigentümliche Roheisenart, welche durch ihr grossblätteriges Gefüge deutlich gekennzeichnet ist. Die Blätter (Absonderungsflächen) des Gefüges heissen die Spiegel; sie stehen annähernd rechtwinkelig gegen die Abkühlungsflächen des Roheisenstücks, kreuzen sich aber gegenseitig in den verschiedensten Richtungen, so dass aus diesen Durchkreuzungen oft scheinbare Kristallformen hervorgehen; Hohlräume des Spiegeleisens finden sich durchwachsen von einzelnen dünnen Blättern, welche teils

---

[1]) Näheres über die Formen des Kohlenstoffs im Roheisen ist bei Besprechung des grauen Roheisens mitgeteilt; ausführlicher in A. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 293.

fächerartig auf und nebeneinander liegen, teils sich gruppenweise durchkreuzen. Bei genauer Untersuchung mit Hilfe der Lupe oder des Mikroskops erscheint jedes dieser Blätter als eine Reihe paralleler, dicht nebeneinander liegender Säulen von vierseitigem Querschnitte und dem rhombischen Systeme angehörend; auf den einzelnen Blättern aber lassen sich bei Benutzung des Vergrösserungsglases nicht selten tropfen- oder höckerartige Ausscheidungen erkennen[1]).

Die Bruchfläche des Spiegeleisens zeigt rein weisse Farbe, die jedoch, besonders bei grösserem Mangangehalte, nicht selten durch Anlauffarben, wie bei den Eisenmanganen, verdeckt ist. Härte und Sprödigkeit sind bedeutend.

Die chemische Untersuchung des Spiegeleisens ergibt einen Kohlenstoffgehalt von 4 bis etwas über 5 v. H. und einen nie fehlenden Mangangehalt, dessen Menge zwischen 5 bis 20 v. H. zu schwanken pflegt. Steigt er über diese Grenze hinaus, so wird das blätterige Gefüge undeutlicher, und das Spiegeleisen geht in Eisenmangan über.

Fällt der Kohlenstoffgehalt des Spiegeleisens unter 4 v. H., so werden die Spiegel schmaler, undeutlicher und das Roheisen heisst Halbspiegeleisen.

Weissstrahl. Der Mangan- und Kohlenstoffgehalt sind geringer als beim Spiegeleisen (Mangangehalt 0,5 bis 5 v. H., Kohlenstoffgehalt 3,0 bis 4 v. H.), der Siliciumgehalt unbedeutend. Die Bruchfläche zeigt in den dem Spiegeleisen nahestehenden Sorten ein deutlich strahliges Gefüge, welches um so undeutlicher wird, und um so mehr in ein feinkörniges Gefüge übergeht, je mehr der Mangan- und Kohlenstoffgehalt abnehmen. Die Farbe ist nicht ganz so rein weiss, wie die des Spiegeleisens, sondern zeigt einen schwachen Stich ins Graue. Die Härte ist bedeutend, die Sprödigkeit nicht ganz so gross wie beim Spiegeleisen, immerhin aber noch beträchtlich genug, um das Eisen zum Zerspringen geneigt zu machen.

In den Eisengiessereien wird dieses Eisen als Zusatz zum grauen Eisen mitunter verwendet, um dessen Härte zu erhöhen. Es eignet sich dazu besser als das manganreichere und deshalb sprödere, ausserdem auch teurer bezahlte Spiegeleisen.

Gewöhnliches Weisseisen, Treibeisen. Der Kohlenstoffgehalt geht selten über 3,5 v. H., der Mangangehalt kaum über 1 v. H. hinaus. Das strahlige Gefüge ist verschwunden und hat einem dichten feinkörnigen Gefüge Platz gemacht, dessen Aussehen man bezeichnend mit dem eines durchgebrochenen frischen Käses verglichen hat. Durch die Feile wird auch dieses Roheisen kaum angegriffen; dass die Sprödigkeit jedoch erheblich geringer ist als diejenige der oben besprochenen manganreicheren Arten, zeigt sich besonders deutlich beim Zerschlagen kleinerer Stücke.

Man verwendet in den Eisengiessereien dieses Roheisen als Zusatz zu anderen Eisensorten, um deren Eigenschaften zu verändern, ausserdem auch als Rohstoff für die schon oben erwähnte Darstellung schmied-

---

[1]) Martens, Mikrostruktur des Spiegeleisens. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1878, S. 205, 484 (mit Abbildungen); auch A. Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, Leipzig 1891, S. 28.

baren Gusses. Ein möglichst manganarmes Weisseisen mit 0,4 bis 0,6 v. H. Silicium ist für diesen Zweck das geeignetste.

Nachstehende Zusammenstellung der chemischen Zusammensetzung verschiedener Sorten Weisseisens wird einen Ueberblick über die besprochenen Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und dem äusseren Verhalten ermöglichen können.

	Kohlenstoff	Mangan	Silicium	Schwefel	Phosphor	Kupfer
Eisenmangan von Eisenwerk Phönix, von mir untersucht	6,94	76,95	0,02	—	0,24	0,37
Eisenmangan von Hörde, von mir untersucht	5,31	55,06	2,52	—	0,38	0,17
Eisenmangan von Oberhausen, von mir untersucht	5,53	35,43	0,06	—	Spur	nicht bestimmt
Spiegeleisen von Eisenwerk Vulkan (Wiener Ausstellung 1873) . .	4,77	18,70	0,09	0,01	0,28	0,12
Spiegeleisen von Fr. Krupp, von mir untersucht	5,30	11,30	Spur	Spur	0,01	0,16
Spiegeleisen aus Georgs-Marienhütte, im dortigen Laboratorium untersucht	4,07	4,75	0,20	0,05	0,08	nicht bestimmt
Weissstrahl von Gleiwitz (Preuss. Ztschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Band 38, S. 5) .	3,93	3,54	0,85	0,02	1,07	„
Weissstrahl von Georgs-Marienhütte, im dortigen Laboratorium untersucht	2,94	4,78	0,67	Spur	0,09	„
Weissstrahl von Reschitza (Kerpely, Ungarns Eisensteine und Eisenhüttenerzeugnisse, S. 80) .	4,27	2,22	0,32	Spur	0,04	0,24
Gewöhnliches Weisseisen aus Cumberland, von mir untersucht[1]) .	3,03	0,16	0,28	0,10	0,02	nicht bestimmt
Weisseisen, von einem deutschen Eisenwerke, von mir untersucht [1])	3,42	0,15	0,29	0,02	0,06	„
Weisseisen von Wziesko in Oberschlesien (Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. 38, S. 5)	2,76	0,52	0,33	0,08	0,91	„

[1]) Das Roheisen ist zur Darstellung schmiedbaren Gusses bestimmt.

2. Das graue Roheisen und das Siliciumeisen.

a) Bruchansehen. Chemische Zusammensetzung. Formen des Kohlenstoffgehalts.

Die Bruchfläche des grauen Roheisens zeigt körniges, mitunter sehr grobkörniges Gefüge und graue Farbe. Letztere wird durch Graphitblättchen hervorgerufen, welche beim Erstarren des Roheisens sich bilden und zwischen dem Gefüge ablagern. In den graphitreichsten Sorten überdeckt dieser Graphit auf der Bruchfläche vollständig das eigentliche Metall, und das Auge nimmt nur den ersteren wahr; bei etwas geringerem Graphitgehalte wird an einzelnen Stellen auch die weisse Grundmasse, das Metall, aus welchem der Graphit ausgeschieden war, erkennbar; nimmt der Graphitgehalt noch mehr ab, so gewahrt man die Graphitblätter nur verstreut auf der Grundmasse, und das Roheisen bildet die Uebergangsstufe zwischen Grau- und Weisseisen.

Die Veranlassung zur Graphitbildung gibt ein neben dem Kohlenstoff anwesender Siliciumgehalt, welcher beim Erstarren den Kohlenstoff aus seiner Lösung im Eisen gewissermassen verdrängt und ihn zwingt, als selbständiger Körper in kristallisierter Form (in hexagonalen Täfelchen) auszuscheiden. Das erstarrte Eisen vermag weniger Kohlenstoff und Silicium nebeneinander in Lösung zu behalten als das flüssige, und da das Silicium der stärkere von beiden Körpern ist, muss der Kohlenstoff austreten.

Je grösser der Siliciumgehalt neben einem bestimmten Kohlenstoffgehalte ist, desto reichlicher findet die Umwandlung des letzteren in Graphit statt; je grösser der Kohlenstoffgehalt des Roheisens ist, desto geringere Mengen von Silicium genügen, um Graphitbildung zu veranlassen.

Umgekehrt kann in einem kohlenstoffarmen Eisen Silicium in nicht ganz unerheblichen Mengen zugegen sein, ohne dass deutliche Graphitbildung eintritt, wie die oben mitgeteilten Analysen von weissem Roheisen erkennen lassen.

Ein Mangangehalt erschwert die Graphitbildung. Manganreicheres Weisseisen kann daher einen grösseren Siliciumgehalt besitzen, ohne grau zu werden, als manganarmes. Eisenmangane können mehrere Hundertteile Silicium enthalten.

Entzieht man grauem Roheisen seinen Siliciumgehalt (z. B. durch Oxydation im flüssigen Zustande), so verwandelt es sich in weisses Roheisen; gibt man weissem Roheisen Gelegenheit, eine genügende Menge Silicium aufzunehmen, so wird es graues Roheisen.

Je höher aber der Siliciumgehalt des Roheisens steigt, desto mehr verringert sich die Befähigung des flüssigen Metalls, Kohlenstoff aufzunehmen; der Gesamtkohlenstoffgehalt des Roheisens ist daher im allgemeinen um so geringer, je höher ein Siliciumgehalt ist. Hieraus folgt, dass der Gesamtkohlenstoffgehalt des grauen Roheisens niemals jene höchsten Ziffern erreichen kann, welche beim weissen Roheisen vorkommen. Er übersteigt selten 4 v. H. und beträgt in den meisten Sorten 3 bis 3,5 v. H. Mit dem Gesamtkohlenstoffgehalte muss aber

auch der Graphitgehalt sich verringern; die graphitreichsten Roheisensorten sind solche, welche ungefähr 2 v. H. Silicium und daneben 3,5 bis 4 v. H. Kohlenstoff enthalten. In diesen ist der Kohlenstoff seiner überwiegend grössten Menge nach als Graphit vorhanden.

Ein Mangangehalt erschwert nicht nur, wie oben bemerkt wurde, die Graphitbildung und befördert dadurch die Entstehung weissen Roheisens, sondern er erhöht auch die Fähigkeit des Roheisens, Kohlenstoff aufzunehmen. In beiden Beziehungen wirkt er demnach gerade entgegengesetzt als ein Siliciumgehalt.

Kleine Mengen nichtgraphitischen Kohlenstoffes finden sich neben dem Graphit in fast jedem grauem Roheisen, um so mehr, je siliciumärmer dieses ist. Behandelt man das Roheisen mit heisser Salzsäure, so entweicht dieser Kohlenstoff als eigentümlich riechendes Kohlenwasserstoffgas, während der Graphit nebst den sonstigen unlöslichen Bestandteilen des Roheisens zurückbleibt. Man pflegt diesen Kohlenstoff als gebundenen Kohlenstoff (zum Unterschiede von dem graphitischen) zu bezeichnen, da er mit dem Eisen oder einem Teile desselben sich in Vereinigung befindet. Der Kohlenstoffgehalt des weissen Roheisens ist nur oder fast nur in dieser gebundenen Form zugegen.

Den Einfluss des Siliciumgehaltes auf die Graphitbildung zeigt die nachstehende Zusammenstellung der Ergebnisse von Versuchen Turners, bei welchen ein siliciumarmes Eisen mit zunehmenden Mengen eines Siliciumeisens mit 9,89 v. H. Silicium zusammengeschmolzen wurde[1]).

Silicium	Kohlenstoff			Phosphor	Mangan	Schwefel
	Gesamt	Graphit	Gebunden			
0,19	1,98	0,38	1,60	0,32	0,14	0,05
0,45	2,00	0,10	1,90	0,33	0,21	0,05
0,96	2,09	0,24	1,85	0,33	0,26	0,04
1,37	2,21	0,50	1,71	0,30	—	0,05
1,96	2,18	1,62	0,56	0,28	0,60	0,03
2,51	1,87	1,19	0,68	0,26	0,75	0,03
2,96	2,23	1,43	0,80	0,34	0,70	0,04
3,92	2,01	1,81	0,20	0,33	0,84	0,03
4,74	2,03	1,66	0,37	0,30	0,95	0,05
7,83	1,86	1,48	0,38	0,29	1,36	0,03
9,80	1,81	1,12	0,69	0,21	1,95	0,04

Etwas getrübt wird hier die Uebersicht durch den Umstand, dass der Gesamtkohlenstoff der verschiedenen Proben ziemlich erhebliche Abweichungen zeigt; im allgemeinen aber wächst der Graphitgehalt mit dem Siliciumgehalte, bis dieser 3,92 v. H. beträgt, und nimmt von hier an

[1]) Journal of the Iron and Steel Institute 1886, I, p. 174: „Stahl und Eisen“ 1887, Seite 564.

wieder ab. Die Ursache davon ist augenscheinlich der grössere Mangangehalt der siliciumreicheren Proben, welcher die Graphitausscheidung erschwert.

Noch deutlicher lässt sich der Einfluss des Siliciumgehalts bei einem Vergleiche der verschiedenen Roheisensorten erkennen, welche bei einem und demselben Hochofen aus den gleichen Erzen, aber bei verschiedenem Gange des Ofens erfolgten und dementsprechend einen abweichenden Siliciumgehalt besitzen.

Nachstehende, bei Gelegenheit der Pariser Weltausstellung von 1878 veröffentlichte Zusammenstellung gibt z. B. die durchschnittliche Zusammensetzung der bei dem französischen Eisenwerke Terrenoire erzeugten Sorten Giessereiroheisens [1]):

	Silicium	Graphit	Gebundener Kohlenstoff	Gesamt-Kohlenstoff	Mangan	Schwefel	Phosphor
Roheisen Nr. I . . .	2,25	3,25	0,94	4,19	1,25	0,02	0,05
„ „ II . . .	1,95	2,55	1,23	3,78	1,05	0,04	0,05
„ „ III . .	1,75	1,95	1,52	3,47	0,95	0,06	0,05
„ „ IV . .	1,55	1,15	2,08	3,23	0,65	0,07	0,04
„ „ V . . .	1,45	0,85	2,17	3,02	0,58	0,09	0,05

Während der Graphit der Regel nach erst während des Erstarrens des Roheisens sich bildet und dann in der erwähnten Weise innerhalb des Eisenstückes zwischen dessen Gefüge sich ablagert, kommt es doch mitunter vor, dass ein mit Kohle und Silicium im hoch erhitzten Zustande übersättigtes Roheisen bei eintretender Abkühlung schon im flüssigen Zustande einen Teil seines Kohlenstoffs als Graphit aussondert. Der Vorgang ist in diesem Falle der Ausscheidung von Kochsalz beim Abkühlen einer in höherer Temperatur gesättigten Kochsalzlösung ähnlich. Der Graphit aber ist leichter als das Eisen [2]); er steigt also in dem flüssigen Metalle empor, sammelt sich an der Oberfläche und hinterbleibt hier in Form von Blättchen in lockeren Anhäufungen; ja, beim Fliessen solchen Eisens geschieht es mitunter, dass ein Teil dieses ausgeschiedenen Graphits an den Wänden der Rinne, in welcher das Metall fortgeleitet wird, oder der Giesspfanne, in welcher es abkühlt, sich absetzt. Man nennt diesen, schon aus flüssigem Roheisen ausscheidenden Graphit Garschaum. Er ist nicht, wie jener im erstarrenden Metalle sich bildende Graphit, ein wesentlicher Bestandteil des grauen Roheisens, sondern nur ein lästiger Begleiter gewisser Roheisensorten, welcher, wenn das betreffende Roheisen unmittelbar (ohne vorausgehendes Umschmelzen) für die Gusswarendarstellung verwendet wird, das Ansehen der entstehenden

[1]) A. v. Kerpely, Eisen und Stahl auf der Weltausstellung zu Paris 1878. Leipzig 1879, Seite 76.

[2]) Spezifisches Gewicht des Graphits 2,3, des Eisens 7,3.

Gussstücke benachteiligt, unter Umständen sogar ihre Benutzbarkeit aufhebt, indem er undichte, lockere Stellen erzeugt.

Aus der Thatsache, dass der eigentliche Graphit des grauen Roheisens erst beim Erstarren entsteht und dass, wenn vorher eine Graphitbildung eintritt, sich dieser Graphit als Garschaum von dem Eisen sondert, folgt, dass das geschmolzene Metall überhaupt keinen Graphit enthalten kann. Schmelzt man graues Eisen, so wird der Graphit wieder gelöst, d. h. er wandelt sich in „gebundenen“ Kohlenstoff um, um beim Wiedererstarren aufs neue die graphitische Form anzunehmen, sofern nicht im flüssigen Zustande eine diese Graphitbildung verhindernde Aenderung der chemischen Zusammensetzung des Roheisens (Ausscheidung des Siliciumgehalts) stattgefunden hatte.

Einen ähnlichen Einfluss auf die Graphitbildung wie Silicium übt ein Aluminiumgehalt des Roheisens, welcher übrigens niemals, wie das Silicium, schon bei der Entstehung des Roheisens in dieses übergehen, sondern nur durch Zusatz metallischen Aluminiums oder einer durch besonderes Verfahren erzeugten Eisenaluminiumlegierung ihm zugeführt werden kann[1]). Der Einfluss gleicher Mengen Aluminiums auf die Graphitbildung ist sogar noch stärker als der des Siliciums, sofern der Aluminiumgehalt nicht über 1. v. H. hinausgeht. Nach Zusatz von Aluminium zu geschmolzenem, weissem Roheisen fand z. B. Borsig[2]) folgende Gehalte:

	Aluminium	Kohlenstoff		Silicium	Mangan
		Gesamt	Graphit		
Ohne Zusatz geschmolzen	0,00	3,04	0,05	0,25	Spur
Mit 0,5 v. H. Aluminium geschmolzen	0,05	3,03	0,08	0,23	„
„ 1,0 „ „ „ „	0,11	3,02	0,85	0,25	„
„ 2,0 „ „ „ „	0,16	3,21	1,53	0,28	„

Seltsamer Weise ändert sich aber der Einfluss des Aluminiumgehaltes in das Gegenteil um, wenn dieser über 1 v. H. steigt; so z. B. fand Hoggs[3]) bei derartigen Versuchen:

[1]) Wenn man früher bisweilen Aluminium in gewissen Roheisensorten gefunden haben will, so ist doch nach neueren Untersuchungen nicht zu bezweifeln, dass hier Analysenfehler vorlagen. Ich selbst habe nie eine Spur metallischen (nicht von eingeschlossener Schlacke herrührenden) Aluminiums im Roheisen entdecken können, auch in solchem nicht, welches angeblich aluminiumhaltig sein sollte.

[2]) Stahl und Eisen 1894, Seite 10.

[3]) Journal of the Iron and Steel Institute 1894, II, Seite 104; auch Stahl und Eisen 1895, Seite 407.

	Aluminium	Kohlenstoff		Silicium	Mangan
		Gesamt	Graphit		
Ohne Zusatz geschmolzen	0,00	4,18	2,33	0,75	0,28
Mit " "	0,85	4,15	3,22	0,75	nicht best.
" " "	1,92	4,18	2,77	0,67	" "
" " "	3,86	4,07	1,67	0,62	0,20
" " "	8,15	3,80	1,58	0,70	nicht best.
" " "	11,85	3,44	0,22	0,62	0,20

Das aluminiumfreie Eisen ist hier wegen seines Siliciumgehaltes bereits ziemlich reich an Graphit; ein Zusatz von 0,85 v. H. Aluminium vermehrt noch die Graphitbildung, aber bei einem Aluminiumgehalte von 3,86 v. H. ist das Eisen bereits graphitärmer als ohne Aluminiumzusatz. Noch andere Versuche bestätigten diese Wahrnehmung.

Ein Phosphorgehalt des Roheisens ist ohne erkennbaren Einfluss auf die Graphitbildung.

Ein Schwefelgehalt verringert die Aufnahmefähigkeit des Eisens für Kohle und erschwert die Graphitbildung, wirkt also auf die Entstehung eines kohlenstoffarmen weissen oder zum Weisswerden geneigten Eisens. Schon bei 0,15 v. H. Schwefel kann dieser Einfluss wahrnehmbar werden.

Der Einfluss eines Mangangehalts wurde schon oben erwähnt: er erhöht die Fähigkeit des Eisens, Kohlenstoff aufzunehmen und erschwert die Graphitbildung, befördert mithin die Entstehung kohlenstoffreichen Weisseisens.

Die übrigen im Roheisen auftretenden Körper sind in den geringen Mengen, in welchen sie gefunden werden, für die Graphitbildung ohne Belang.

Das Mass der Graphitbildung ist indes nicht allein von der chemischen Zusammensetzung des Roheisens, sondern auch von den Abkühlungsverhältnissen abhängig. Je langsamer die Abkühlung, also auch der Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand, vor sich geht, desto reichlicher ist die Graphitbildung, je rascher das Erstarren sich vollzieht, desto spärlicher fällt der Graphitgehalt aus. Manche Roheisensorten, welche nur so viel Silicium und Kohle nebeneinander enthalten, als zur Ausscheidung eines Teils der Kohle in graphitischer Form, also zur Graueisenbildung bei gewöhnlicher Abkühlung erforderlich ist, erstarren, wenn sie plötzlich abgekühlt werden (z. B. durch Eingiessen in eiserne Gussformen), ohne sichtbare Graphitbildung und mit allen sonstigen Merkmalen des weissen Roheisens. Man macht hiervon für Herstellung des sogenannten Hartgusses Gebrauch, d. h. von Gussgegenständen, deren Oberfläche an bestimmten Stellen absichtlich rasch abgekühlt worden war und hier die grössere Härte des weissen Roheisens erhalten hat, während die langsamer abgekühlten Stellen weicher, aber auch weniger spröde, geworden sind (Laufräder mit gehärteter

Lauffläche, Polierwalzen mit gehärteter Oberfläche, Panzer für Befestigungszwecke, und viele andere Gegenstände).

Ein und dasselbe graue Roh- oder Gusseisen kann demnach ein ganz anderes Aussehen auf der Bruchfläche, anderen Graphitgehalt und andere mechanische Eigenschaften annehmen, je nachdem es langsamer oder rascher abgekühlt wurde. Da in der Mitte gegossener Gegenstände die Abkühlung langsamer von statten geht, als an den Rändern, ist auch der Graphitgehalt dort bedeutender als hier; der Unterschied tritt um so deutlicher hervor, je grösser die Querschnittsabmessungen sind.

Jener nichtgraphitische Kohlenstoff des grauen Roheisens, den man als gebundenen Kohlenstoff zu bezeichnen pflegt, weil er sich thatsächlich in Legierung mit dem Eisen oder einem Teile desselben befindet, tritt jedoch wiederum in zwei verschiedenen Formen auf und beeinflusst abweichend das Verhalten des Roheisens, je nachdem er in dieser oder jener Form zugegen ist.

Die eine dieser Kohlenstoffformen heisst Härtungskohle. Sie ist gleichmässig mit der Hauptmasse des Eisens legiert, im Eisen gelöst, und hat ihren Namen erhalten, weil durch ihre Anwesenheit der Härtegrad des Eisens beträchtlich gesteigert wird. Sie entweicht beim Auflösen des Eisens sowohl in heisser als auch in kalter verdünnter Salz- oder Schwefelsäure als starkriechendes Kohlenwasserstoffgas, und da nur in seltenen Fällen irgend ein Eisen ganz frei von dieser Kohlenstoffform ist, lässt sich jener Geruch auch fast immer wahrnehmen, wenn man Eisen in der erwähnten Weise behandelt. Beim Auflösen des Eisens in Salpetersäure hinterbleibt diese Kohlenstoffform als ein schwarzes Pulver, welches beim Erwärmen ziemlich rasch unter Gasentwickelung verschwindet. Die Härtungskohle ist es auch vornehmlich, welche dem weissen Roheisen seinen beträchtlichen Härtegrad erteilt.

Die zweite jener als gebundene Kohle bezeichneten Kohlenstoffformen wird Karbidkohle genannt. Sie ist mit einer beschränkten Menge Eisens zu einer engeren chemischen Verbindung, einem „Karbide“ vereinigt, welches beim Abkühlen des Eisens in einer Temperatur von ungefähr 700° C. sich gebildet hat, beim Erhitzen über die angegebene Temperatur hinaus aber wieder zerfällt, wobei sein Kohlenstoffgehalt als Härtungskohle in dem Eisen sich verteilt[1]). Es enthält 6,66 v. H. Kohlenstoff und seine Zusammensetzung entspricht demnach der chemischen Formel Fe_3C[2]). Löst man Eisen in kalter verdünnter Salz- oder Schwefelsäure, so hinterbleibt das Karbid als grauschwarze Masse neben dem etwa anwesenden Graphit; in kochender Säure wird es unter Entwickelung von Kohlenwasserstoffgas zersetzt. Beim Lösen des Eisens in Salpetersäure hinterbleibt es zunächst als eine braune flockige Masse, welche beim Erwärmen sich auflöst und der Lösung eine braune Farbe erteilt.

Da das Karbid, wie erwähnt, in Temperaturen über 700° C. zerfällt, wobei sein Kohlenstoffgehalt gleichmässig im Eisen sich löst, der

---

[1]) F. Osmond, Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches, Paris 1888, Seite 28; daraus in „Stahl und Eisen“ 1888, Seite 364.

[2]) „Stahl und Eisen“ 1886, S. 373; 1888, S. 292 und 743; Zeitschrift für anorganische Chemie, Band 13 (1896), Seite 38.

Graphit aber beim Beginn des Schmelzens des Eisens gelöst wird, enthält das flüssige Eisen nur gelöste Kohle, d. i. Härtungskohle. Die Karbidbildung aber wird ebenso wie die Graphitbildung durch die Abkühlungsverhältnisse beeinflusst; je rascher die Abkühlung von statten geht, desto weniger Zeit ist für die Graphit- und Karbidbildung gegeben, desto geringer ist der Gehalt des Eisens an diesen Kohlenstoffformen, desto grösser der Gehalt an Härtungskohle. Nachstehende Beispiele[1]) können das Verhältnis dieser Kohlenstoffformen zueinander in verschiedenen Roheisensorten veranschaulichen.

	Graphit	Karbid-kohle	Härtungs-kohle	Gesamt-kohle
Tiefgraues Roheisen mit 2,77 v. H. Silicium, 1,30 v. H. Mangan	3,33	0,44	0,00	3,77
Lichtgraues Roheisen mit 1,02 v. H. Silicium, 0,28 v. H. Mangan	2,40	0,73	0,17	3,30
Hartguss (weisser Teil) mit 0,83 v. H. Silicium, 0,15 v. H. Mangan	0,19	2,43	0,58	3,20
Gewöhnliches weisses Roheisen mit 0,72 v. H. Silicium, 0,10 v. H. Mangan	0,16	1,88	0,54	2,58

b) Das Siliciumeisen[2]).

Insofern das Silicium denjenigen Bestandteil des grauen Roheisens bildet, welcher dessen Entstehung veranlasst, kann man das siliciumreichste Roheisen als die vollkommenste Form alles grauen Roheisens betrachten. Mit zunehmendem Siliciumgehalte aber verringert sich, wie schon früher erwähnt worden ist, die Fähigkeit des Eisens überhaupt, Kohlenstoff aufzunehmen, und somit auch der Graphitgehalt, sobald der Siliciumgehalt ein gewisses Mass übersteigt. Das reine kohlenstofffreie Siliciumeisen aber ist weiss, dem weissen Roheisen ähnlich; bei Zunahme des Siliciumgehalts im kohlenstoffhaltigen Eisen tritt ein Zeitpunkt ein, wo der Gesamtkohlenstoff- wie der Graphitgehalt nur noch in so spärlicher Menge zugegen sind, dass die entstandenen Graphitblätter nicht mehr ausreichen, die weisse, im wesentlichen aus der Siliciumeisenlegierung bestehende Grundmasse zu verdecken, und diese demnach dem Auge deutlich erkennbar wird. Schon vorher verrät sich der zunehmende Siliciumgehalt (und abnehmende Graphitgehalt) durch eine lichtere, ins Gelbliche spielende Farbe der Bruchfläche und ein geändertes Aussehen des Gefüges. Es wird feinkörniger, mitunter fast schuppig.

[1]) Ergebnisse vom Verfasser angestellter Untersuchungen.

[2]) Sprachlich unrichtig ist die für Siliciumeisen vielfach angewendete Bezeichnung Ferrosilicium. Vergleiche hierüber „Stahl und Eisen" 1890, Fussanmerkung auf Seite 292.

Im Handel pflegt man alles graue Roheisen, welches mehr als 5 v. H. Silicium enthält, als Siliciumeisen zu bezeichnen. Die weisse Grundmasse neben dem Graphit wird bei einem Siliciumgehalte von ungefähr 10 v. H. erkennbar; bei 16 v. H. Silicium finden sich nur noch einzelne Graphitblätter über die weisse Grundmasse verstreut, und die Legierung ist in ihrem Aussehen dem gewöhnlichen weissen Roheisen ähnlich. Mit erheblich höherem Siliciumgehalte als 16 v. H. ist das Siliciumeisen im Grossen bis jetzt nicht dargestellt worden, obgleich Versuche im Kleinen ergeben haben, dass Eisen und Silicium sich in allen beliebigen Gewichtsverhältnissen legieren lassen[1].

Für gewisse Zwecke stellt man Legierungen dar, welche neben Silicium auch einen grösseren Mangangehalt besitzen (Silicium-Manganeisen, auch wohl Silicium-Spiegeleisen genannt) und welche demnach als Uebergänge zwischen den oben besprochenen Eisenmanganen und dem eigentlichen Siliciumeisen angesehen werden können.

Nachstehende Beispiele mögen die Zusammensetzung des Siliciumeisens veranschaulichen.

	Kohlenstoff		Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel
	Graphit	Gesamt-Kohlenstoff				
Siliciumeisen von Hörde, von mir untersucht	0,80	0,80	16,31	1,22	0,18	nicht best.
Siliciumeisen, ebendaher (Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, S. 5)	1,90	1,90	10,38	1,02	0,36	0,12
Siliciumeisen von Friedenshütte (Jüngst, ebenda)	2,25	2,46	5,32	2,52	0,48	0,01
Siliciummanganeisen von Firminy („Stahl u. Eisen" 1889, S. 858)	nicht best.	1,42	16,99	18,09	0,08	Spur

Eine unmittelbare Verwendung für den Guss findet das Siliciumeisen so wenig als das Weisseisen. Es ist hart, spröde und ausserdem kostspielig. Man benutzt es als Zusatz, um den Siliciumgehalt einzelner Eisen- und Stahlsorten anzureichern, sofern diese Anreicherung zur Erreichung gewisser Zwecke förderlich ist. Durch Zusatz von Siliciumeisen zu weissem Roheisen ist man, wie in den schon besprochenen Einflüssen des Siliciums auf den Kohlenstoffgehalt des Roheisens Erklärung findet, im stande, das Weisseisen in graues Roheisen umzuwandeln, und zwar — bei richtig gewähltem gegenseitigen Verhältnisse und entsprechender Zusammensetzung des Weisseisens — in ein graues, leicht giessbares Roheisen von vorzüglicher Festigkeit. Für diesen Zweck hat das Siliciumeisen in den letzteren Jahren bisweilen Verwendung gefunden.

---

[1]) Jahrbuch der Bergakademien zu Leoben und Přibram, Band 20, Seite 406.

c) Das tiefgraue oder gare Roheisen.

Wenn in einem Roheisen, welches nicht erheblich weniger als 3,5 v. H. Kohlenstoff enthält, neben diesem 2 bis 3,5 v. H. Silicium zugegen sind, wird der grösste Teil des Kohlenstoffs graphitisch ausgeschieden, die Bruchfläche des Roheisens erhält dunkelgraues Ansehen und grobkörniges Gefüge. Je stärker das Eisen beim Schmelzen überhitzt war und je langsamer die Abkühlung von statten ging, desto gröber fällt das „Korn“ des Gefüges aus. In den auf graues Roheisen betriebenen Kokshochöfen pflegt eine höhere Temperatur zu herrschen, als in den Holzkohlenhochöfen, und die Masseln des Koksroheisens werden gewöhnlich in dickeren Querschnitten als diejenigen des Holzkohlenroheisens gegossen; daher besitzt Koksroheisen bei ähnlicher chemischer Zusammensetzung meistens ein grobkörnigeres Gefüge als Holzkohlenroheisen.

Im übrigen folgt aber aus diesem Einflusse der Ueberhitzung und Abkühlung, dass das Aussehen der Bruchfläche es durchaus nicht ermöglicht, sichere Schlussfolgerungen auf die innere Beschaffenheit, insbesondere den für die Verwendung des Roheisens wichtigen Siliciumgehalt, zu ziehen. Man ist im stande, auch einem Roheisen, dessen Kohlenstoffgehalt zwar dem oben angegebenen Masse entspricht, dessen Siliciumgehalt aber niedriger ist (1 bis 2 v. H.), durch Verlangsamung der Abkühlung ein gleiches Aussehen der Bruchfläche zu erteilen, wie es das siliciumreichere Roheisen zeigt; für die Verwendung in der Giesserei aber besitzt es geringeren Wert.

Man nennt jenes graue Roheisen mit reichlichem Graphitgehalte und grobkörniger Bruchfläche allgemein tiefgraues Roheisen. Koksroheisen wird nach Nummern in den Handel gebracht. Nr. I ist das grobkörnigste, graphitreichste, oft neben dem eigentlichen Graphit auch Garschaum (Seite 13) an der Oberfläche und in Drusenräumen in reichlichen Mengen enthaltend; Nr. II ist etwas feinkörniger [1]. Beim Holzkohlenofenbetriebe bezeichnet man die der Nr. I entsprechende Sorte als hochgares, die folgende als gares graues Roheisen.

Analysen dieses Roheisens sind des besseren Vergleichs mit der Zusammensetzung anderer Sorten grauen Roheisens halber unten in einer gemeinschaftlichen Zusammenstellung gegeben.

Das tiefgraue Roheisen erheischt bei seiner Herstellung einen höheren Brennstoffaufwand als das weniger graue, graphitärmere Roheisen und wird demnach höher als dieses bezahlt [2]. Dennoch würde der Schluss irrig sein, dass nun dieses kostspieligere Eisen, für sich allein vergossen, auch das vorzüglichere Material für Gusswarendarstellung sei. Gussgegenstände, aus solchem Roheisen erzeugt, würden

---

[1]) Jene Nummern gelten jedoch nur für solches Roheisen, welches weniger als 1 v. H. Phosphor enthält. Phosphorreiches Roheisen kommt bei gleichem Silicium- und Graphitgehalte wie das hier in Rede stehende als Nr. III in den Handel.

[2]) Die Erzeugungskosten steigen im allgemeinen mit dem Siliciumgehalte; daher ist eigentliches Siliciumeisen noch teurer im Einkaufe als tiefgraues Roheisen. Siliciumeisen mit 10 v. H. Silicium besitzt ungefähr den doppelten Preis als Graueisen mit 2,5 v. H. Silicium.

weich, mürbe und wegen der an der Oberfläche häufig eintretenden Garschaumbildung unschön im Aussehen sein. Der eigentliche Wert dieses Roheisens beruht vielmehr auf dem Umstande, dass durch dessen Zusatz zu siliciumarmem und wegen eines zu niedrigen Siliciumgehalts auch graphitarmem, deshalb hartem und sprödem Roheisen beim Umschmelzen die Möglichkeit gegeben ist, dieses für die Giesserei tauglicher zu machen. Da nun bei jedem erneuten Umschmelzen grauen Roheisens der Silicium- und Graphitgehalt sich verringert, bedürfen alle in den Eisengiessereien entstehenden Abfälle und Ausschussstücke, wenn sie wieder eingeschmolzen werden sollen, eines solchen Zusatzes. Je siliciumreicher das zugesetzte Eisen ist, desto knapper kann seine Menge bemessen werden.

d) Das lichtgraue Roheisen.

Das Gefüge ist feinkörniger, die Farbe weniger dunkel als bei dem vorstehend besprochenen Roheisen. An einzelnen Stellen der Bruchfläche erkennt man bisweilen bei genauem Zusehen die weisse, nicht mehr von Graphitblättern überlagerte Grundmasse, das eigentliche Eisen.

Die Analyse dieses Roheisens pflegt einen Kohlenstoffgehalt von nicht über 3,5 v. H., einen Siliciumgehalt von 1,5 bis 2,5 v. H. zu ergeben. Im übrigen erhält mitunter Roheisen, welches seiner Zusammensetzung nach als tiefgraues Roheisen gelten könnte, bei etwas beschleunigter Abkühlung das Aussehen der hier in Rede stehenden Sorte und wird, sofern man eben nur das Aussehen der Bruchfläche als massgebend betrachtet, als diese in den Handel gebracht.

Lichtgraues Koksroheisen bringt man unter der Bezeichnung Roheisen Nr. III zum Verkaufe (bei hohem Phosphorgehalte als Nr. IV oder V); für Holzkohlenroheisen dieser Art wendet man gewöhnlich die allgemeine Benennung lichtgraues Roheisen, auch wohl schwachgares (in einzelnen Gegenden garflüssiges) Roheisen an.

Für sich allein vergossen entspricht dieses Roheisen am besten den Ansprüchen, welche an die meisten Gusswaren gestellt werden. Ist sein Siliciumgehalt einigermassen beträchtlich, so ist es oft gut geeignet, an Stelle des kostspieligeren tiefgrauen Roheisens als verbessernder Zusatz zu allzu siliciumarmem Eisen beim Umschmelzen verwendet zu werden, siliciumärmere Sorten lichtgrauen Roheisens dagegen bedürfen nicht selten selbst noch eines Zusatzes tiefgrauen Roheisens, um beim Umschmelzen nicht allzu graphitarm zu werden, zumal wenn Gegenstände von dünnen Querschnitten daraus gegossen werden sollen.

e) Das halbierte und grelle Roheisen.

Die Bruchfläche ist noch feinkörniger, der Graphitgehalt noch geringer als bei der in vorstehendem besprochenen Eisensorte. Deutlich erkennt man auf der Bruchfläche weisse Stellen, und je mehr der Graphitgehalt abnimmt, desto grösseren Umfang nehmen diese weissen Stellen an.

Die Analyse ergibt selten einen grösseren Siliciumgehalt als 1,5 v. H., meistens weniger, während der Kohlenstoffgehalt ungefähr 3 v. H. oder wenig darüber beträgt.

Koksroheisen, welches dem Roheisen Nr. III nahesteht, also noch deutlich graue Bruchfläche zeigt, wird als Nr. IV (bei hohem Phosphorgehalte als Nr. VI) in den Handel gebracht, während die graphitärmste Sorte, welche oft fast weiss ist, nur einzelne verstreute Graphitblätter erkennen lässt und in seiner chemischen Zusammensetzung wie in seinen Eigenschaften dem oben besprochenen gewöhnlichen Weisseisen sehr ähnlich ist, als Nr. V (bei hohem Phosphorgehalte als Nr. VII) bezeichnet wird. Holzkohlenroheisen nennt man schwach halbiert, wenn es dem lichtgrauen Roheisen ähnelt, stark halbiert, wenn es noch graphitärmer ist, grell, wenn es — wie das Koksroheisen Nr. V — den Uebergang zum Weisseisen bildet.

Für sehr grosse, langsam abkühlende Gussstücke, in denen bei der langsamen Abkühlung ohnehin reichliche Graphitbildung eintritt, ist das halbierte Roheisen oft am geeignetsten; für dünnere Gegenstände ist es nur unter Zusatz eines graphitreicheren Roheisens zu gebrauchen. Grelles Roheisen (Roheisen Nr. V) ist für die gewöhnlichen Zwecke der Giesserei nur dann verwendbar, wenn man es als Zusatz zu reichlichen Mengen siliciumreichen Roheisens einschmelzt. Häufig ist es reich an Schwefel, wodurch seine Brauchbarkeit noch mehr abgemindert wird.

f) Vergleichende Zusammenstellung von Analysen verschiedener Sorten grauen Roheisens.

	Kohlenstoff		Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel
	Graphit	Gesamt-Kohlenstoff				
a) Koksroheisen.						
Schottisches Giessereiroheisen (Coltness) Nr. I, nach Wachler[1] .	3,30	3,50	3,50	1,58	0,98	0,02
Ebendaher Nr. II, von mir untersucht	3,41	3,75	2,77	1,33	0,81	0,02
Ebendaher Nr. III, in meinem Laboratorium untersucht	2,54	2,82	2,16	0,67	0,51	nicht best.
Schottisches Giessereiroheisen (Langloan) Nr. I, nach Wachler[1] .	3,40	3,86	2,93	1,62	0,75	0,07
Ebendaher Nr. I, nach Jüngst[2] .	2,63	3,43	2,42	1,95	0,72	0,01
Ebendaher Nr. II, von mir untersucht	nicht best.	3,22	2,34	1,21	0,37	0,03
Englisches Giessereiroheisen (Clarence), als Nr. III in den Handel gebracht, nach Wachler[1] . .	3,39	3,52	2,52	0,68	1,49	0,05
Ebendaher (als Nr. III verkauft), nach Limbor[3]	3,33	3,45	3,08	0,82	1,80	0,02

[1]) Vergleichende Qualitätsuntersuchungen rheinisch-westfälischen und ausländischen Giessereiroheisens. Berlin 1879.

[2]) Schmelzversuche mit Ferrosilicium. Berlin 1890.

[3]) „Stahl und Eisen“ 1882, S. 215.

	Kohlenstoff: Graphit	Kohlenstoff: Gesamt-Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel
Rheinisch-Westfälisches Giessereiroheisen Nr. I, nach Müller[1]. .	3,48	3,87	3,34	0,78	0,53	0,02
Ebendaher Nr. III, wie vorstehend	3.27	3,88	2,29	0,79	0,31	0,03
Luxemburger Giessereiroheisen Nr. III, nach Beckert[2]. . .	3,45	3,92	1,40	0,78	1,50	0,04
Ebendaher Nr. III, nach Beckert[2]	2.97	3,35	1,82	0,54	nicht best.	nicht best.
Oberschles. dunkelgraues Giessereiroheisen (Gleiwitz), nach Jüngst[3]	2,24	3,34	3,02	2,01	0,25	0.01
Lothringer Giessereiroheisen Nr. III[4]	3,31	3,62	2,70	0,59	1,83	0,04
Ebendaher, Nr. IV[1]	3,15	3,65	1,86	0,61	2,10	0,06
Ebendaher, seines sehr feinen Korns halber als Nr. VII bezeichnet[5] .	3,10	3,76	2,29	0,59	1,86	0,06
Buderus-Roheisen (Main-Weserhütte) Nr. I, persönliche Mitteilung . .	3,75	4,10	2,75	0,75	0,45	0,02
Rheinisch-Westfälisches Hematitroheisen (aus Roteisenerzen erblasen)[1]	3,49	3,86	3,30	0,94	0,06	0,01
b) Holzkohlenroheisen.						
Graues Roheisen von Zorge am Harz, von mir untersucht	nicht best.	3,61	2,11	0,47	0,46	0,04
Grelles Roheisen ebendaher, von mir untersucht	nicht best.	3,38	0,87	0,22	0,43	0,06
Graues Roheisen von Ilsenburg am Harz, von mir untersucht . . .	2,78	3,19	2,20	0,41	0,51	0,05
Lichtgraues Roheisen ebendaher, von mir untersucht	2,53	2,93	1,68	0,35	0,54	0,08
Stark halbiertes Roheisen ebendaher, von mir untersucht	2,40	3,19	1,02	0,28	0,59	0,09
Grelles Roheisen ebendaher, von mir untersucht	1,63	3,21	0,70	0,14	0,56	0,14
Graues Roheisen von Ilsenburg, bei heissem Winde erblasen, von mir untersucht	nicht best.	4,06	1,16	0,38	0,54	0,03
Graues Roheisen ebendaher, bei kaltem Winde erblasen, von mir untersucht	„	4,36	0,63	0,29	0,56	0,03
Graues Roheisen von Mariazell in Steiermark, von mir untersucht .	3,07	3,78	1,35	2,52	0.03	0,05
Halbiertes Roheisen ebendaher, von mir untersucht	2,26	3,01	1,79	2,33	0.04	0,03

[1]) „Stahl und Eisen" 1895, S. 153.
[2]) „Stahl und Eisen" 1886, S. 405.
[3]) Schmelzversuche mit Ferrosilicium.
[4]) Aus Ledebur, Das Roheisen, S. 23.
[5]) Metallarbeiter 1891, S. 670 (aus der Chemikerzeitung).

II. Das Flusseisen und der Flussstahl.

I. Allgemeines.

Flusseisen im weiteren Sinne ist alles im flüssigen Zustande gewonnene schmiedbare Eisen. Im engeren Sinne versteht man darunter das kohlenstoffärmere, unter Flussstahl das kohlenstoffreichere Metall. Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, hat man sich jedoch gewöhnt, die Benennung Stahl für alles im flüssigen Zustande erfolgende schmiedbare Eisen anzuwenden, und in Rücksicht hierauf ist auch für dieses Buch der Titel „Eisen- und Stahlgiesserei" gewählt worden.

Vom Roheisen unterscheiden sich die hier in Rede stehenden Eisensorten in chemischer Beziehung durch ihren geringeren Gehalt an Fremdkörpern, insbesondere an Kohlenstoff, in physikalischer Beziehung durch ihre weit grössere Geschmeidigkeit, insbesondere ihre Schmiedbarkeit, d. h. ihre Geschmeidigkeit unter der Einwirkung von Hammerschlägen im glühenden Zustande. Die sonstigen Abweichungen in ihrem Verhalten werden unten bei Besprechung der Eigenschaften ausführlichere Erörterung finden.

Der Kohlenstoffgehalt des schmiedbaren Eisens tritt, wie der des Roheisens, in verschiedenen Formen auf, welche in abweichender Weise das Verhalten des Metalls beeinflussen. Der dem grauen Roheisen eigentümliche Graphitgehalt fehlt, da die Bedingungen für seine Entstehung nicht vorhanden sind; das Verhältnis zwischen Härtungs- und Karbidkohle hängt, wie im Roheisen, vornehmlich von den Abkühlungsverhältnissen ab. Im schmiedbaren Eisen, welches längere Zeit über 700° C. hinaus erhitzt wurde, ist, so lange es in dieser Temperatur verharrt, aller Kohlenstoff als Härtungskohle zugegen. Wird es nun in gewöhnlicher Weise, d. h. ohne künstliche Beschleunigung oder Verlangsamung, abgekühlt, so geht in einer Temperatur zwischen 660 und 708° C. der grössere Teil des Gesamtkohlenstoffgehalts (etwa drei Viertel) in Karbidkohle über; bei künstlicher Beschleunigung der Abkühlung (durch Ablöschen in Wasser) hinterbleibt ein grösserer, bei künstlicher Verlangsamung ein geringerer Teil des Kohlenstoffgehalts als Härtungskohle. Erwärmt man aber das abgelöschte, an Härtungskohle reichere Metall aufs neue, so beginnt schon bei wenig über 200° C. die Härtungskohle sich in Karbidkohle umzuwandeln, und bei 400° ist der Gehalt an den beiden Kohlenstoffformen der gleiche geworden, wie bei gewöhnlicher Abkühlung. Je grösser der Gesamtkohlenstoffgehalt ist, desto deutlicher ist der Einfluss des Ablöschens (Härtens) und Wiedererwärmens (Anlassens) erkennbar.

Beispiele der Aenderungen, welche die Kohlenstoffformen bei verschiedener Behandlung erfahren, sind auf folgender Seite gegeben.

Da mit den Kohlenstoffformen sich auch die Eigenschaften des Eisens (Stahls) ändern, gibt das Verfahren des Ausglühens, Härtens und Anlassens ein wirksames Mittel zur Regelung dieser Eigenschaften, wie bei deren Besprechung ausführlicher erörtert werden wird.

Beispiele der Kohlenstoffformen[1]).

	Karbid-kohle	Härtungs-kohle	Gesamt-kohle
Stahlformguss, in gewöhnlicher Weise abgekühlt	0,62	0,36	0,98
Derselbe, geglüht und langsam abgekühlt	0,92	0,16	1,08 [2])
Geschmiedeter Stahl, in gewöhnlicher Weise abgekühlt	0,71	0,22	0,93
Derselbe, geglüht und in Wasser abgelöscht	0,38	0,65	1,03 [2])
Derselbe, nach dem Ablöschen auf etwa 290° C. wieder erwärmt	0,67	0,36	1,03

Von dem härtesten, dem Roheisen nahestehenden Stahle bis zum weichsten schmiedbaren Eisen finden allmähliche Uebergänge statt, und im Aeussern treten uns nicht so deutliche Unterschiede entgegen, wie zwischen grauem und weissem Roheisen. Während aber alles Roheisen durch ein einziges Verfahren, das Schmelzen im Hochofen, gewonnen wird, gibt es für die Erzeugung flüssigen schmiedbaren Eisens verschiedene Wege, und das Darstellungsverfahren beeinflusst zum Teile die Verwendbarkeit des erfolgenden Eisens für die Giesserei. In nachstehendem mögen deshalb jene Darstellungsverfahren, nach welchen auch das Erzeugnis benannt zu werden pflegt, ihren Haupteigentümlichkeiten gemäss kurz geschildert werden; hinsichtlich einer ausführlicheren Besprechung dagegen, welche in das Gebiet der Eisenhüttenkunde gehört, muss auf die betreffenden Lehr- und Handbücher verwiesen werden[3]).

2. Der Tiegelstahl und seine Verwandten.

Roher Stahl, wie ihn der Puddelofen oder das Frischfeuer liefert, wird im Graphittiegel bei hoher Temperatur geschmolzen und so lange flüssig erhalten, bis das anfänglich eintretende Kochen des Metalls aufgehört hat; alsdann folgt das Ausgiessen.

Statt der genannten, durch chemische Reinheit ausgezeichneten, aber auch gewöhnlich kostspieligen Stahlarten benutzt man nicht selten Flussstahlabfälle (Bessemer- oder Martinstahl), zumal wenn der fertige

[1]) Von mir ausgeführte Untersuchungen.

[2]) Die Zunahme des Gesamtkohlenstoffgehalts ist durch Aufnahme von Kohlenstoff beim Glühen veranlasst.

[3]) Gemeinfassliche Darstellung des Eisenhüttenwesens. Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute. 3. Auflage. Düsseldorf 1896. — A. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde. 3. Auflage. Leipzig 1900. — H. Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens. Braunschweig 1875.

Tiegelstahl nicht als Werkzeugstahl, sondern für Gusswarenerzeugung Verwendung finden soll. Bisweilen setzt man gewisse Mengen Braunstein [1]) oder auch Eisenmangan zu, um dem Stahle einen gewissen Mangangehalt (gewöhnlich 0,5 bis 1 v. H.) zuzuführen, welcher durch Verminderung des Kochens beim Giessen die Erzielung dichter Güsse befördert; dem für die Giesserei bestimmten Stahle pflegt man ausserdem durch Zusatz von Siliciumeisen, Siliciummanganeisen oder grauem Roheisen einen Siliciumgehalt von mindestens 0,2 v. H., häufiger 0,3 bis 0,6 v. H. zu verleihen, welcher noch erfolgreicher als Mangan die Blasenbildung beim Giessen verhindert, zumal wenn beide Bestandteile nebeneinander zugegen sind, und in neuester Zeit hat sich für den gleichen Zweck ein geringer Aluminiumzusatz (in Form von reinem Aluminium oder Aluminiumeisen), welcher jedoch erst bei Beendigung des Schmelzens gegeben werden darf, als besonders wirksam erwiesen. Er darf nicht höher sein, als dass in dem fertigen Stahle etwa 0,1 v. H. Aluminium oder noch weniger zurückbleibt, weil ein höherer Aluminiumgehalt das mechanische Verhalten des Stahls ungünstig beeinflussen würde.

Das Tiegelstahlschmelzen ist das älteste Verfahren zur Darstellung flüssigen schmiedbaren Eisens. So lange es das einzige Verfahren zum Stahlschmelzen bildete, nannte man den erfolgenden Stahl Gussstahl; diese Bezeichnung ist, wie bereits auf Seite 3 erwähnt wurde, unsicher geworden, seitdem verschiedene Verfahren für den gleichen Zweck eingeführt worden sind.

Wegen des Verbrauchs an Tiegeln und des verhältnismässig hohen Aufwandes an Brennstoff ist der Tiegelstahl unter allen Stahlsorten der kostspieligste; aber er ist auch der am leichtesten giessbare Stahl, und das Tiegelschmelzen ist auch da anwendbar, wo nur geringe Mengen flüssigen Metalls mit einem Male Verwendung finden können. Daher ist das Tiegelschmelzen auch heute noch auf kleineren Werken, wo ein Massenbedarf an flüssigem Stahle nicht vorliegt, das allein übliche Verfahren; auf grossen Werken findet es neben den neueren Stahlbereitungsverfahren Verwendung besonders dann, wenn ein kohlenstoffreicheres Metall zum Gusse benutzt werden soll.

Je niedriger aber der Kohlenstoffgehalt ist, je weicher also der Stahl (das Flusseisen) sein soll, desto höher liegt seine Schmelztemperatur, desto schwieriger gestaltet sich das Schmelzen in Tiegeln. Deshalb pflegt man im allgemeinen Gussstücke mit weniger als 0,4 v. H. Kohlenstoff nicht aus dem Tiegel zu giessen. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet die Herstellung des sogenannten Mitisgusses, von dem Schweden Nordenfelt im Jahre 1885 eingeführt. Man versteht unter dieser Bezeichnung Gussstücke aus ganz weichem Flusseisen, welches durch Schmelzen reinen Schweisseisens (Nieten, Hufnägeln u. dergl. m.) im Tiegel und Zusatz von Aluminium nach beendigtem Schmelzen gewonnen wird; zur Erzielung der erforderlichen sehr hohen Temperatur werden Petroleumrückstände oder Petroleum als

[1]) Braunstein ist ein Manganerz, eine Verbindung des Mangans mit Sauerstoff.

Brennstoff verwendet[1]). Das Verfahren hat bis jetzt nur vereinzelt Eingang gefunden, und die unzweifelhaft hohen Schmelzkosten dürften auch fernerhin ein Hindernis für eine allgemeinere Anwendung bilden.

Beispiele der Zusammensetzung des Tiegelstahl-Formgusses.

	Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel
Glocken der Bochumer Gussstahlfabrik [2])	1,30	0,35	0,80	nicht best.	nicht best.
Herzstück (für Eisenbahnen), von mir untersucht	1,31	0,09	0,98	0,13	0,05
Ringe für Erzwalzen [2])	1,10	0,30	0,70	nicht best.	nicht best.
Laufrad für Eisenbahnwagen (Scheibenrad), von mir untersucht . .	1,09	0,26	0,52	0,11	0,05
Presscylinder der Bochumer Gussstahlfabrik [2])	0,80	0,25	0,60	nicht best.	nicht best.
Kleinere Maschinenteile, ebendaher, im Mittel	0,50	0,20	0,50	„	„

2. Das Martinmetall (Flammofenflussstahl).

Auf dem muldenförmigen Herde eines mit Siemensfeuerung [3]) versehenen Flammofens werden Abfälle aller Art von schmiedbarem Eisen, — Eisenbahnschienen, Blechabschnitte, Alteisen und viele andere Dinge — mit so viel silicium- und manganhaltigem Roheisen zusammen eingeschmolzen, dass der Kohlenstoff-, Silicium- und Mangangehalt des Roheisens, indem er beim Schmelzen grösstenteils verbrennt, das Eisen selbst vor Verbrennung schützt. Wenn alles geschmolzen ist, gibt man, um den vom Eisenbade aufgenommenen Sauerstoff auszuscheiden, einen Zusatz von Eisenmangan oder, sofern das Metall für die Giesserei benutzt werden soll, von Siliciumspiegeleisen (Seite 18), rührt um, entleert den Ofeninhalt in eine Giesspfanne und verteilt mit deren Hilfe das Metall in die Gussformen.

Der Einsatz in einen Ofen pflegt mindestens 5 t zu betragen (allzu kleine Oefen liefern ungünstige Ergebnisse), häufiger fasst der Ofen 8 bis 15 t, und bei ausreichend grossem Bedarf an geschmolzenem

---

[1]) Näheres hierüber: Revue universelle des mines, série III tome III, Seite 190 (mit Abbildungen); „Stahl und Eisen“ 1888, S. 85; Transactions of the American Institute of Mining Engineers vol. XIV, Seite 773; ferner im sechsten Abschnitte dieses Buchs unter der Ueberschrift Mitisgussstücke.

[2]) „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 453.

[3]) Ueber Siemensfeuerungen vergleiche A. Ledebur, Die Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke. Leipzig 1891, Seite 87.

Metall kann der Fassungsraum auf mehr als 25 t gesteigert werden. Die Zeitdauer des Schmelzens einschliesslich aller Nebenarbeiten (Ausbesserung des Herdes nach jedem Schmelzen u. a. m.) ist 5 bis 10 Stunden, der Ofen aber muss, wie jeder Ofen mit Siemensfeuerung, längere Zeit in ununterbrochenem Betriebe erhalten werden, wenn seine Leistung befriedigend sein soll. Die tägliche Erzeugung auch eines kleinen derartigen Ofens ist demnach verhältnismässig beträchtlich, und nicht alle Stahlgiessereien sind in der Lage, das gesamte, in einem Martinofen täglich geschmolzene Metall für Gusswarenerzeugung zu verwenden. Für einen einigermassen umfänglichen Betrieb (Tageserzeugung 10 t oder mehr Gusswaren) ist dagegen das Martinverfahren am vorteilhaftesten. Es erheischt die geringsten Betriebskosten und ermöglicht ohne Schwierigkeit die Regelung der chemischen Zusammensetzung innerhalb weiter Grenzen.

Der Stahlformguss konnte seine jetzige Bedeutung erst erlangen, nachdem man gelernt hatte, aus dem Martinofen zu giessen [1]). Vorzugsweise sind es grössere Gegenstände aus weicherem, kohlenstoffärmerem Eisen (Kohlenstoffgehalt 0,15 bis 0,50 v. H., Mangangehalt 0,32 bis 1 v. H., Siliciumgehalt 0,18 bis 0,50 v. H.), welche aus dem Martinofen gegossen werden: Maschinenteile mannigfacher Art, Schiffsbauteile von oft sehr bedeutendem Gewicht und andere mehr [2]).

Beispiele der Zusammensetzung von Gussstücken aus dem Martinofen.

	Kohlenstoff	Mangan	Silicium
Schuhe des Eiffelturmes in Paris	0,22	0,52	0,20
Geschützring	0,30	0,50	0,20
Rahmen einer Lochmaschine	0,38	0,60	0,20
Zahnkranz	0,49	0,60	0,28
Grosse Getriebe	0,55	0,85	0,20

3. Das Bessemermetall.

Das von dem Engländer Bessemer im Jahre 1855 eingeführte und nach ihm benannte Verfahren zur Darstellung flüssigen schmiedbaren Eisens, welches in der Darstellung des Materials für Walz- und Hammerwerke tiefgreifende Veränderungen hervorbrachte, ist bisweilen auch für Gusswarenerzeugung zur Anwendung gelangt, obschon seltener

---

[1]) Der Martinofenbetrieb für Darstellung von Hammer- oder Walzeisen wurde im Jahre 1865 eingeführt; die ersten brauchbaren Gusswaren aus dem Martinofen wurden um die Mitte der siebziger Jahre von dem Eisenwerke Terrenoire geliefert. Bis dahin hatte man Gusswaren nur aus dem Tiegel gegossen.

[2]) Vergleiche hierüber die Abhandlung „Ueber Stahlformguss“ in „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 451.

als das Martinverfahren. Es beruht auf dem Hindurchleiten von Gebläsewind durch geschmolzenes Roheisen, wobei dessen fremde Bestandteile (Kohlenstoff, Silicium, Mangan, unter bestimmten Voraussetzungen auch Phosphor) verbrannt und ausgeschieden werden, das Roheisen demnach in schmiedbares Eisen — Flusseisen — sich umwandelt.

Der Behälter, in welchem jene Umwandlung vorgenommen wird, heisst der Konverter oder seiner birnenähnlichen Form halber die Birne. Während die Birnen für Erzeugung von Walzeisen einen Fassungsraum von 10 bis 15 t zu besitzen pflegen und dann eine Tageserzeugung von mitunter 1000 t aufweisen können, beschränkt man den Fassungsraum der für die Giesserei bestimmten Birnen in der Regel auf 1 bis 3 t, da auch eine einzige Birne von dieser Grösse schon für recht ansehnliche Tagesleistungen befähigt ist. Den Betrieb mit diesen kleinen Birnen nennt man zum Unterschiede von dem erwähnten Grossbetriebe die Kleinbessemerei. Die Einrichtung der Birnen für die Kleinbessemerei im einzelnen zeigt verschiedene Abweichungen, hinsichtlich deren auf die betreffende Litterater verwiesen werden muss [1]). Der Betrieb der Kleinbessemerei erheischt die Verwendung eines Roheisens mit niedrigem Phosphor- und hohem Siliciumgehalte, welches ziemlich kostspielig ist; das Roheisen muss zuvor in besonderen Oefen, Kupolöfen, geschmolzen werden und für die Entkohlung in der Birne muss Gebläsewind erzeugt werden, das feuerfeste Futter der Birne bedarf häufiger Auswechselung und der Abbrand des Eisens ist erheblich. Aus diesen Gründen ist der Betrieb dieser kleinen Birnen durchschnittlich kostspieliger als der eines Martinofens; dagegen besitzt das Verfahren vor dem Schmelzen im Martinofen den Vorteil, dass die Erzeugung an flüssigem Metall sich dem wechselnden Bedarfe der Giesserei leichter anpassen lässt und man das jedesmalige Schmelzen beliebig beginnen und endigen lassen kann, während ein kalt liegender Martinofen erst Tage lang geheizt werden muss, bevor er seine Wirksamkeit entfalten kann [2]).

Die bis jetzt veröffentlichten Analysen des für Giessereizwecke benutzten Bessemermetalls zeigen einen Gehalt an Kohlenstoff von 0,10 bis 0,35 v. H. an Mangan von 0,6 bis 1 v. H. an Silicium von 0,14 bis 0,25 v. H.

III. Die wichtigsten Eigenschaften des giessbaren Eisens und ihre Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung.

1. Schmelztemperatur, Schmelzbarkeit und Dünnflüssigkeit.

Die **Schmelztemperatur** der verschiedenen Roheisenarten liegt den bisher angestellten Beobachtungen zufolge zwischen 1050 bis 1250° C.,

[1]) Eine Zusammenstellung der wichtigeren Formen enthält die Abhandlung Otto Vogels in „Stahl und Eisen" 1898, Seite 183: „Ueber neuere Kleinbessemerbirnen".

[2]) Einiges Nähere über den Betrieb enthält die Schrift von C. Rott: „Die Kleinbessemerei für den Stahlformguss, Temperguss und Feinguss". Leipzig 1900.

diejenige des für die Giesserei benutzten Flusseisens und Flussstahls zwischen 1300 bis 1500 [1]).

Alle oder fast alle in dem Eisen anwesenden fremden Körper erniedrigen, dessen Schmelztemperatur, sofern ihr Gehalt ein bestimmtes Mass nicht übersteigt und sie in Wirklichkeit mit dem Eisen legiert und nicht, wie der Graphit des grauen Roheisens, eingemengt sind. Die Schmelztemperatur ist jedoch nicht nur von dem Gehalte des Eisens an den betreffenden Körpern, sondern auch von der Anzahl der verschiedenen nebeneinander anwesenden Körper abhängig und liegt im allgemeinen um so tiefer, je grösser jene Zahl ist. Eisen, welches sehr viele Fremdkörper enthält, besitzt eine verhältnismässig niedrige Schmelztemperatur, auch wenn einzelne jener Körper nur in kleinen Mengen anwesend sein sollten.

Jene Grenze, wo eine Anreicherung des Gehalts an einem bestimmten Fremdkörper nicht mehr eine Erniedrigung, sondern eine Erhöhung der Schmelztemperatur zur Folge hat, wird in dem einen Falle früher, in dem anderen später erreicht.

Kohlenstoff erniedrigt sehr erheblich die Schmelztemperatur, und dem Einflusse dieses Körpers ist es vor allem zuzuschreiben, dass die Schmelztemperatur des Roheisens so sehr viel niedriger liegt als die des schmiedbaren Eisens. Die verschiedenen Kohlenstoffformen aber verhalten sich in dieser Beziehung etwas abweichend.

Graphitischer Kohlenstoff, an und für sich unschmelzbar und als selbständiger Körper im Eisen eingelagert, nur im grauen Roheisen in grösseren Mengen auftretend, wird erst beim Schmelzen des Eisens gelöst und vermag demnach unmittelbar nicht die Schmelztemperatur zu beeinflussen. Wenn indes ein Teil des Kohlenstoffgehalts sich in Graphitform ausscheidet, so muss die hinterbleibende Grundmasse kohlenstoffärmer werden und deshalb weniger leicht schmelzen als wenn die Graphitausscheidung nicht stattfindet; es erklärt sich hieraus, dass graues Roheisen durchschnittlich einer höheren Temperatur zum Schmelzen bedarf als weisses. Ein und dasselbe graue Roheisen aber schmilzt aus demselben Grunde in niedrigerer Temperatur, wenn es zuvor rasch, z. B. durch Eingiessen in eiserne Formen, abgekühlt wurde und dabei einen geringeren Graphitgehalt erhielt, als nach vorausgegangener, langsamer Abkühlung mit reichlicherer Graphitbildung [2]).

Da die Karbidkohle schon bei einer Temperatur, welche tiefer als die Schmelztemperatur des Roheisens liegt, in die Form der Härtungskohle, d. h. in den Zustand einer gleichmässigen Lösung im Eisen übergeht, ist es für die Schmelztemperatur des Eisens ohne Belang, in welcher dieser beiden Formen die gebundene Kohle zugegen ist, und nur der Gesamtgehalt an letzterer ist von Einfluss. Man pflegt anzunehmen, dass mit der Zunahme dieses Gehalts an gebundener Kohle die Schmelztemperatur des Eisens stetig abnimmt, bis er den Sättigungspunkt des Eisens für Kohle erreicht hat; genaue Ermittelungen darüber,

[1]) Die angegebene höchste Temperatur (1500°) ist nach Untersuchungen von Osmond die Schmelztemperatur des reinen Eisens („Stahl und Eisen" 1891, S. 637).

[2]) Versuche hierüber: „Stahl und Eisen" 1898, S. 214.

ob nicht unter gewissen Umständen, z. B. bei Gegenwart noch anderer Körper, die niedrigste Schmelztemperatur schon etwas früher erreicht werden kann, liegen jedoch nicht vor. Manche Beobachtungen legen den Schluss nahe, dass schon bei etwa 3,5 v. H. Kohlenstoffgehalt die niedrigste Schmelztemperatur erreicht werde[1]).

Auch ein Siliciumgehalt erniedrigt die Schmelztemperatur; aber gleiche Mengen Silicium wirken nicht so kräftig wie Kohlenstoff. Ohne den niemals fehlenden Siliciumgehalt des grauen Roheisens würde der Unterschied zwischen dessen Schmelztemperatur und derjenigen des Weisseisens noch beträchtlicher sein als es der Fall ist. Osmond fand die Schmelztemperatur eines Siliciumeisens mit 10 v. H. Silicium und 2,38 v. H. Kohlenstoff (letzterer in graphitischer Form) bei 1130°, während ein Eisen mit 4,2 v. H. Silicium und 0,25 v. H. Kohlenstoff auch bei 1400° noch nicht schmolz[2]).

Dass auch ein mässiger Mangangehalt die Schmelztemperatur des Eisens erniedrige, ist durch Vergleiche des Verhaltens von Roheisenarten mit abweichendem Mangangehalte erwiesen. Bei der Zunahme dieses Körpers tritt zwar schliesslich die Grenze ein, wo die Schmelztemperatur nicht mehr fällt, sondern steigt, aber nach Versuchen Osmonds vermag selbst ein Mangangehalt von 20 v .H., der im Giessereiroheisen überhaupt unmöglich sein würde, die Schmelztemperatur noch nicht erheblich zu steigern[3]).

Phosphor erniedrigt bei einem Gehalte von 1 v. H. merklich, wenn auch nicht erheblich, die Schmelztemperatur. Genaue Ermittelungen hierüber fehlen.

Dass ein Schwefelgehalt, wenn er in grösseren Mengen auftritt, ebenfalls die Schmelztemperatur erniedrigt, lässt sich aus der Thatsache schliessen, dass ein glühender Eisendraht schmilzt, wenn er mit Schwefel in Berührung kommt; von den kleinen Schwefelmengen, welche im Roheisen auftreten (meistens weniger als 0,15 v. H.) ist jedoch ein bemerkbarer Einfluss nicht zu erwarten.

Die **Schmelzbarkeit** eines Körpers ist nach der im gewöhnlichen Leben üblichen Auslegung des Ausdrucks abhängig von der Schmelztemperatur; man pflegt den Körper als um so leichter schmelzbar zu betrachten, je niedriger jene ist. Richtiger ist es jedoch, die Wärmemenge, welche zum Erhitzen und Schmelzen erforderlich ist, als massgebend für die Schmelzbarkeit anzunehmen, so dass der Körper als um so leichter schmelzbar gelten muss, mit je geringerem Wärmeaufwande seine Schmelzung stattfindet. Je nachdem man die eine oder andere Auslegung zu Grunde legt, zeigen sich oft nicht unerhebliche Unterschiede in der Schmelzbarkeit. So z. B. bedarf ein Kilogramm Eis, welches bekanntlich bei Null Grad schmilzt, dazu einer Wärmemenge von 79,2 Wärmeeinheiten[4]); Blei dagegen, dessen Schmelztemperatur bei 330° liegt, nur 16 Wärmeeinheiten, Silber, welches bei 960° schmilzt,

[1]) Vergl. auch „Stahl und Eisen“ 1884, S. 635 und 705; 1891, S. 637.

[2]) „Stahl und Eisen“ 1891, S. 637.

[3]) Comptes rendus, Band 106, S. 1156.

[4]) 1 Wärmeeinheit (Kalorie) ist diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 kg Wasser von Null Grad Celsius auf 1 Grad zu erwärmen.

nur 77 Wärmeeinheiten. Beide Metalle sind nach Massgabe ihres Wärmeverbrauchs trotz ihrer höheren Schmelztemperatur demnach leichter schmelzbar als Eis[1]).

Weisses Roheisen bedarf zum Schmelzen einer Wärmemenge von ungefähr 230, graues von 245, Stahl von 300 Wärmeeinheiten[2]). Erwägt man, dass Wasser, um von gewöhnlicher Temperatur auf Siedetemperatur erhitzt und in Dampf umgewandelt zu werden, etwa 600 Wärmeeinheiten gebraucht, so findet man die Erklärung dafür, dass man mit geringerem Brennstoffaufwande im stande ist, 1 kg Eisen zu schmelzen als 1 kg Wasser zu verdampfen.

Dünnflüssigkeit ist eine für die Verwendung der Metalle zur Giesserei insofern wichtige Eigenschaft, als sie die Körper befähigt, dünne Querschnitte vollkommen auszufüllen. Im allgemeinen wächst die Dünnflüssigkeit mit der Ueberhitzung über die Schmelztemperatur hinaus, welche ein Metall oder überhaupt ein schmelzbarer Körper erfährt; doch zeigen verschiedene Metalle sowohl als auch verschiedene Eisensorten bei gleich starker Ueberhitzung ziemlich deutliche Unterschiede.

Im allgemeinen gilt die Regel, dass Legierungen dünnflüssiger sind als reine Metalle. Daher ist das an Kohlenstoff reichere Roheisen dünnflüssiger als das kohlenstoffärmere schmiedbare Eisen, und graues Roheisen, welches ausser dem Kohlenstoff stets Silicium enthält, durchschnittlich dünnflüssiger als weisses, welchem der Siliciumgehalt fehlt. Auch ein mässiger Mangangehalt erhöht die Dünnflüssigkeit[3]); als besonders förderlich in dieser Beziehung gilt jedoch ein Phosphorgehalt, und aus diesem Grunde sieht man im Gusseisen einen mässigen Phosphorgehalt (bis 1,5 v. H.) trotz seiner ungünstigen, unten zu besprechenden Einflüsse auf die Festigkeitseigenschaften doch häufig nicht ungern. Im Stahle dagegen, an dessen mechanisches Verhalten weit höhere Ansprüche gestellt werden, darf aus diesem Grunde der Phosphorgehalt bei weitem nicht jenes Mass erreichen (vergl. die Analysen auf Seite 26 und 27).

Eine Abminderung der Dünnflüssigkeit des Eisens wird durch einen Schwefelgehalt herbeigeführt. Schwefelreiches Eisen füllt die Gussformen schlecht aus. Schon bei 0,2 v. H. Schwefel wird dieser Einfluss deutlich bemerkbar[4]).

---

[1]) Fernere Beispiele solcher Fälle: A. Ledebur, Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie. 2. Auflage. S. 68.

[2]) L. Gruner, Analytische Studien über den Hochofen. Nach dem Französischen bearbeitet von C. Steffen. Wiesbaden 1875. S. 114 u. 115.

[3]) Durch ein besonderes hohes Mass von Dünnflüssigkeit pflegt sich daher manches Spiegeleisen auszuzeichnen, welches in die dünnsten Fugen des Schmelzofens eindringt. „Stahl und Eisen“ 1882, S. 222.

[4]) Riemer bestätigte durch einen unmittelbaren Versuch, dass Gusseisen durch Aufnahme von Schwefel dickflüssig wird, indem er durch Auflösen von Schwefeleisen in dem geschmolzenen Metalle dessen Schwefelgehalt auf 0,7 v. H. anreicherte. Das sehr hitzige, zuvor dünnflüssige Eisen wurde bei dem Schwefelzusatze sogleich sehr dickflüssig und erstarrte, in die Gussform gebracht, sofort. Das Gussstück war bei der Bearbeitung sehr hart und zeigte halbweissen Bruch mit wenig Graphitausscheidung („Stahl und Eisen“ 1886, Seite 311, Spalte 2). — Kerpely fand, dass Gusseisen mit 0,34 v. H. Schwefel wegen seiner Dickflüssigkeit unbenutzbar war (Ungarns Eisensteine und Eisenhüttenerzeugnisse, Seite 65).

Auch Aluminium, dem flüssigen Metalle im Ueberschusse zugesetzt, macht dieses dickflüssig. Bei welchem Aluminiumgehalte die Wirkung erkennbar wird, ist bislang nicht festgestellt, doch scheint schon ein ziemlich niedriger Gehalt dafür ausreichend zu sein.

Das hohe Mass von Dünnflüssigkeit, welches ein nicht allzu silicium- und kohlenstoffarmes, etwas mangan- und phosphorhaltiges graues Roheisen besitzt, trägt nicht unwesentlich dazu bei, es als ein vorzüglich giessbares Metall gelten zu lassen.

2. Die Saigerung und ihre Folgen.

Zahlreiche Legierungen besitzen die Neigung, beim allmählichen Erstarren in mehrere Legierungen von abweichender Zusammensetzung zu zerfallen. Eine strengflüssigere Legierung erstarrt zuerst, eine Kruste bildend, welche nun eine oder mehrere leichtflüssigere und deshalb später erstarrende Legierungen einschliesst; auch der Unterschied der spezifischen Gewichte der nebeneinander sich bildenden Legierungen kann eine Sonderung herbeiführen, indem die leichteren an der Oberfläche des flüssigen Metalls sich sammeln, die schwereren zu Boden sinken.

Man bezeichnet diesen Vorgang allgemein als Saigerung der Legierungen [1]). Sie wird um so deutlicher wahrnehmbar, je langsamer die Erstarrung von statten geht. Auch das Roheisen, diese Legierung des Metalls Eisen mit Kohlenstoff, Silicium, Mangan, Phosphor, Schwefel und anderen früher genannten Körpern, besitzt die Fähigkeit des Saigerns in ziemlich starkem Masse, weniger stark, doch immerhin deutlich genug erkennbar, zeigt sie sich auch beim gegossenen schmiedbaren Eisen.

Jene Graphitbildung beim Erstarren des grauen Roheisens, welcher dieses erst sein Entstehen verdankt, ist ihrem Wesen nach nichts anderes als eine Saigerung, ein Zerfallen der im flüssigen Zustande gleichartigen Legierung. Es wurde schon erwähnt, dass die Graphitbildung um so reichlicher stattfinde, je langsamer die Erstarrung von statten gehe, und dass sie unter Umständen durch plötzliche Abkühlung des flüssigen Metalls ganz behindert werden könne.

Die erste Folge dieses Einflusses der Abkühlung ist, dass bei dickeren Gussstücken aus grauem Roheisen der Graphitgehalt vom Rande nach der Mitte hin zunimmt. Aber auch der Gesamtkohlenstoffgehalt ist in der Mitte nicht der gleiche wie in den rascher erkaltenden Teilen, er pflegt in der Mitte geringer zu sein, was darauf schliessen lässt, dass bei der Zunahme des Kohlenstoffgehalts über eine gewisse Grenze hinaus die Schmelztemperatur des Roheisens nicht mehr fällt, sondern steigt.

Am deutlichsten zeigt sich dieser Vorgang beim Hartguss (Seite 15), wo infolge der raschen Abkühlung an bestimmten Stellen ein Teil des Gusseisens sofort erstarrt, während ein anderer Teil längere Zeit flüssig bleibt. So z. B. enthielten mehrere von mir untersuchte Hartgussstücke:

---

[1]) Saigerung im ursprünglichen Sinne ist ein Ausfliessen — Aussickern oder Aussaigern — einer leichter schmelzbaren Legierung aus einer schwerer schmelzbaren bei allmählicher Erhitzung. Später erlangte der Ausdruck jene allgemeinere Bedeutung.

	Gesamt-Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel	Kupfer
Hartgusspanzer von Gruson						
Gehärteter Teil	3,31	0,26	1,03	nicht best.	nicht best.	0,08
Grauer Teil	3,03	0,71	1,08	"	0,08	nicht best.
Hartguss-Laufrad						
Gehärteter Teil	3,27	0,91	1,64	"	0,03	"
Grauer Teil	3,06	1,01	1,01	"	0,03	"
Hartguss-Walze						
Gehärteter Teil	3,08	0,88	0,21	0,83	0,12	0,06
Grauer Teil (Zapfen) . . .	2,40	0,86	0,24	0,87	0,14	0,07
Andere Hartgusswalze						
Gehärteter Teil	3,20	0,83	0,15	0,88	0,10	0,03
Grauer Teil (Zapfen) . . .	2,84	0,80	0,16	0,88	0,10	0,04

Bei den beiden Walzen ist die Saigerung nur beim Kohlenstoffgehalte erkennbar; bei dem Hartgusspanzer nimmt auch der Siliciumgehalt, bei dem Laufrade der Mangangehalt an der Saigerung teil.

Auch in gewöhnlichen Gussstücken und selbst in Roheisenbarren ist der Kohlenstoffgehalt in der Mitte nicht selten beträchtlich geringer als in der Nähe der Aussenflächen. So z. B. enthielt eine von mir untersuchte Massel tiefgrauen Roheisens aus Bilbao in der Mitte, wo sonst die Graphitbildung am beträchtlichsten ist, einen feinkörnigeren, lichtgrauen Kern. Die Zusammensetzung war nachstehende:

	Gesamt-Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel	Kupfer
Aeusserlich; grobkörnig, dunkelgrau	3,97	3,65	1,58	0,02	0,03	0,04
Kern; feinkörnig, lichtgrau . . .	3,41	3,68	1,32	0,01	0,02	0,03

Nur der Kohlenstoffgehalt lässt einen deutlichen Unterschied erkennen.

Auch in einem und demselben Stücke weissen Roheisens lassen sich gleiche Unterschiede der Zusammensetzung wahrnehmen. Platz fand in Drusenräumen kleinspiegeligen Weisseisens mit 5 bis 7 v. H. Mangan Kristalle, welche stets reicher an Kohlenstoff und Mangan, ärmer an Silicium und Phosphor waren als das Muttereisen[1]; Reinhardt machte die Beobachtung, dass in einer und derselben Massel

[1]) „Stahl und Eisen" 1886, Seite 244.

Thomasroheisens (eines weissen Roheisens mit 2 bis 3 v. H. Phosphor und ebensoviel Mangan) beide genannten Körper oft ganz unregelmässig verteilt sind [1]).

Nicht selten sondern sich, zumal im grauen Roheisen, abweichend zusammengesetzte Legierungen als selbständig ausgebildete Kügelchen oder Nieren von Hirsekorn- bis Walnussgrösse von dem Muttereisen ab und bleiben innerhalb der Roheisenmassel oder des Gussstückes eingeschlossen, entweder dicht vom Metalle umhüllt, oder auch, und zwar gar nicht selten, in einen Hohlraum eingelagert, welcher durch eingeschlossenes Gas gebildet war.

Folgende Beispiele können die Zusammensetzung solcher Ausscheidungen veranschaulichen.

	Gesamt-Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel	Kupfer	Arsen	Titan
Tiefgraues Roheisen von Schwarzenberg (von mir untersucht)								
Muttereisen	3,76	3,14	0,85	0,88	0,01	0,06	0,06	0,12
Eingeschlossene Niere .	2,86	3,15	0,93	0,82	0,02	0,05	0,13	0,16
Tiefgraues westfälisches Roheisen (von mir untersucht)								
Muttereisen	3,45	3,28	1,03	0,96	0,01	nicht best.	nicht best.	0,08
Eingeschlossene Niere .	2,67	3,18	1,05	1,27	0,01	„	„	0,10
Graues Giesserei-Roheisen von unbekannter Herkunft. Persönliche Mitteilung								
Muttereisen	3,79	2,52	0,57	0,58	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
Eingeschlossene Bohnen .	3,11	2,22	0,70	1,25	„	„	„	„

Bei dem ersten dieser Beispiele ist nur der Kohlenstoffgehalt des Muttereisens und der Aussaigerung verschieden, bei den beiden anderen Proben ist der Phosphorgehalt der Aussaigerung erheblich grösser, der Siliciumgehalt merklich geringer als im Muttereisen [2]). In allen diesen Fällen war die Niere oder Bohne feinkörniger, härter und spröder als das Muttereisen. Es ist leicht zu ermessen, dass die Brauchbarkeit eines Abgusses durch das Vorkommen solcher losen Einlagerungen Ein-

[1]) Repertorium der analytischen Chemie 1887, Nr. 49.

[2]) Sonstige Beispiele solcher Aussaigerungen innerhalb der Roh- oder Gusseisenstücke: „Stahl und Eisen" 1887, Seite 643.

busse erleiden kann. Wird z. B. der Abguss bearbeitet und hierbei die Einlagerung freigelegt, so erscheint hier eine „unganze Stelle“, ein Hohlraum mit der darin befindlichen Ausscheidung, und unter Umständen kann ein Gegenstand, bei dem es auf die Erzielung gleichmässig glatter Oberflächen ankommt, gänzlich unbrauchbar dadurch werden.

Selbst dann, wenn eine eigentliche Trennung der länger flüssig bleibenden, kohlenstoffärmeren und härteren Legierung von der Hauptmasse des Eisens nicht stattgefunden hatte, kann sich doch die stattgehabte Saigerung bei der Bearbeitung eines Gusseisengegenstandes auf der Drehbank, Hobel- oder sonstigen Werkzeugmaschine durch die grössere Härte der ausgesaigerten Legierung bemerkbar machen. Das Werkzeug findet hier einen grösseren Widerstand, nimmt infolgedessen schwächere Späne und die „Hartstelle“ tritt erhaben aus der Oberfläche des Arbeitsstückes heraus, gewöhnlich auch durch ihre etwas hellere Farbe sich von der letzteren unterscheidend. Jeder mit der Bearbeitung von Gussstücken auf Werkzeugmaschinen beschäftigte Arbeiter kennt das Vorkommen solcher Hartstellen. Je grösser das Gussstück ist, je langsamer demnach die Erstarrung vor sich ging, und je stärker überhitzt das Metall in die Gussform eingegossen wurde, desto leichter bilden sie sich.

In einer noch anderen, sehr eigentümlichen, für den Giessereimann aber ebenfalls lästigen Weise macht sich bisweilen die Bildung solcher leichtflüssigen Legierungen innerhalb einer weniger leichtflüssigen Hauptmasse, des Muttereisens, bemerkbar. Unter dem Drucke nämlich, welchen das bereits starr gewordene und bei der fortschreitenden Abkühlung sich zusammenziehende Muttereisen auf die eingeschlossenen, noch flüssigen Legierungen ausübt, kann es geschehen, dass diese — ähnlich wie Quecksilber durch einen Lederbeutel — herausgepresst werden und nun als Tropfen oder Kügelchen an der Aussenfläche erscheinen. Auch manche andere saigernde Legierungen, z. B. zinnreiche Bronzen, zeigen die nämliche Erscheinung. Betrachtet man genau eine Roheisenmassel oder einen grösseren Flusseisenblock, so wird man häufig, wenn man die sonstigen anhaftenden Fremdkörper (Sand und dergleichen mehr) entfernt hat, die Oberfläche mit Kügelchen von Hirsekorn- bis Erbsengrösse bedeckt finden, welche jenem Vorgange ihr Entstehen verdanken.

Nachteilig können diese Ausscheidungen werden, wenn sie auf der Oberfläche von Gussstücken erscheinen, welche durch ein vollendetes Aeussere sich auszeichnen sollen: auf Kunstgussgegenständen, verzierten Ofenplatten und anderen mehr. Besitzen die ausgesaigerten Tropfen einigermassen beträchtlichen Durchmesser, so können sie ihre Kugelform nur beibehalten, wenn sie auf einer beim Gusse freiliegenden Oberfläche (beim sogenannten offenen Gusse) erscheinen; im anderen Falle werden sie durch die Wände der einschliessenden Gussform platt gedrückt, wobei oft mehrere ineinander fliessen und so das Aussehen annehmen, als sei hier flüssiges Metall aufgegossen und auseinander geflossen. In noch anderen Fällen ist jedes einzelne Tröpfchen winzig klein und nur mit der Lupe als Aussaigerung zu erkennen; aber in unzählbarer Menge bedecken die Tröpfchen die ganze Oberfläche, dieser ein rauhes Aussehen verleihend. In letzterer Form sind sie überhaupt nur auf solchen Gusswaren erkennbar, welche sich durch grosse Sauber-

keit der Oberfläche auszeichnen sollen. Von der irrigen Meinung ausgehend, dass dieser Ueberzug aus festgebranntem Formsande bestehe, hat man in einigen Gegenden der Erscheinung die Bezeichnung „Anbrand“ gegeben.

Bei der von mir angestellten Untersuchung solcher tropfenförmigen Aussaigerungen, welche auf der Oberfläche einer Herdgussplatte sich gebildet hatten, ergab sich:

	Zusammensetzung des Muttereisens (der Herdgussplatte)	Zusammensetzung der ausgesaigerten Tropfen
Gesamtkohlenstoff	3,41	3,07
Silicium	2,04	1,63
Mangan	0,43	0,42
Phosphor	0,44	1,98
Schwefel	0,08	0,05
Kupfer	0,03	0,01

Die Aussaigerung ist, wie bei einigen der früher besprochenen Fälle, bedeutend reicher an Phosphor und dagegen ärmer an Kohlenstoff und Silicium als das Muttereisen. Der grosse Phosphorgehalt erklärt die niedrigere Schmelztemperatur und die grosse Dünnflüssigkeit der Tropfen, welche letztere Eigenschaft das Heraustreten der Tropfen in der geschilderten Weise ermöglichte.

Während bei den hier besprochenen Beispielen der Saigerung die Hauptmasse des Eisens früher erstarrte als die ausgesaigerte Legierung, kommen andererseits auch Fälle vor, wo eine strengflüssige Legierung früher erstarrt und an die Oberfläche des noch flüssigen Roheisens emporsteigt. Lässt man z. B. geschmolzenes und überhitztes Roheisen längere Zeit in einer Giesspfanne ruhig stehen, so wird man nicht selten gewahren können, dass an der Oberfläche Ausscheidungen erscheinen, welche infolge einer Saigerung sich von dem Roheisen sonderten und an die Oberfläche gelangten. Nicht selten sind sie reicher an Schwefel und Mangan als das Muttereisen; so z. B. ergab die Untersuchung solcher Ausscheidungen, welche von der Oberfläche eines oberschlesischen Giessereiroheisens während des Stehens in der Giesspfanne abgeschöpft waren, blätterige Form und weisse Bruchfläche besassen:

	Muttereisen	Ausscheidung
Kohlenstoff	3,46	3,81
Silicium	2,20	1,87
Mangan	2,62	5,19
Phosphor	nicht best.	0,47
Schwefel	0,06	0,22

Noch deutlicher zeigt sich die Erscheinung mitunter bei weissem manganhaltigem und phosphorreichem Roheisen (Thomasroheisen). Es bilden sich hier erstarrte Klumpen von bisweilen mehr als 500 g Gewicht, welche von der Oberfläche abgeschöpft werden können und einen Schwefelgehalt bis zu 3 v. H. bei einem Mangangehalte bis zu 9 v. H. aufweisen (Schwefelgehalt des Muttereisens höchstens 0,3 v. H., Mangangehalt 3 bis 4 v. H.). Ihr Phosphorgehalt dagegen ist annähernd der gleiche wie im flüssigen Metalle.

3. Das Spiel und die Wanzenbildung auf flüssigem Eisen.

Wenn man geschmolzenes und beim Schmelzen etwas überhitztes Eisen in einer Gussform oder einer Giesspfanne mit freier Oberfläche ruhig stehen lässt, so gewahrt man nach einiger Zeit, sobald das Eisen auf eine gewisse Temperatur abgekühlt ist, häufig eine eigentümliche Erscheinung, welche man das „Spiel des Eisens" benannt hat.

Besonders deutlich zeigt sich dieses Spiel bei gewissen Arten grauen Roheisens (Gusseisens); beim Flusseisen, welches rascher erstarrt und dessen Oberfläche durch entweichende Gase aufgetrieben wird, ist es nur in seinen Anfängen zu beobachten. Der Verlauf des Spiels ist folgender.

Unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft bildet sich auf der Oberfläche des Metalls ein dünnes Häutchen oxydischer Körper; das Eisen aber befindet sich in einer lebhaften Bewegung[1]). Unter dem Einflusse dieser Bewegung zerreisst das Häutchen gleichzeitig an verschiedenen Stellen, so dass in dem Spalte für einen Augenblick das metallische Eisen als dunkele glänzende Linie sichtbar wird, und dieser Vorgang wiederholt sich mit grosser Schnelligkeit. Die verschiedenen entstehenden Linien aber bilden zusammen gewöhnlich Figuren — Dreiecke, Sechsecke und andere — welche erscheinen, verschwinden und rasch aufs neue sich bilden. Bei der gleichen Roheisenart verläuft auch das Spiel stets in der gleichen Weise, die entstehenden Linien und Figuren sind stets die nämlichen; bei verschiedenen Roheisensorten zeigt das Spiel oft grosse Unterschiede. Siliciumreiches Roheisen zeigt gewöhnlich gar kein Spiel; das entstehende Häutchen ist zu dick, um durch die Bewegungen des Metalls zerrissen zu werden; auch weisses Roheisen lässt die Erscheinung weniger deutlich erkennen. Lichtgraues und schwach halbiertes Roheisen pflegt dagegen ein sehr deutliches Spiel zu entwickeln. Wird das Roheisen ärmer an Silicium und Kohlenstoff, so erstarrt es vorzeitiger, und das Spiel wird dadurch behindert.

Beim Hochofenbetriebe benutzt man mitunter das Spiel, um Schlüsse auf die Beschaffenheit des erzeugten Roheisens zu ziehen, zumal wenn dieses unmittelbar, d. h. ohne umgeschmolzen zu werden, für die Giesserei Verwendung finden soll, und ein geübtes Auge vermag mit Sicherheit eine Aenderung in der Zusammensetzung des Roheisens daraus zu erkennen. Im übrigen aber besitzt das Spiel, so anziehend die Erscheinung an und für sich ist, keine grosse Bedeutung.

Im Zusammenhange mit dem Verlaufe des Spiels steht die Entstehung sogenannter „Wanzen" auf der Oberfläche, blatternartiger Gebilde, welche zunächst als schwarze Punkte auf der Oberfläche umhertreiben, sich vereinigen und dabei zu einer Grösse von bisweilen mehr als 10 mm anwachsen. Hebt man sie ab, so findet man gewöhnlich unter jeder Wanze eine Vertiefung im Eisen, mulden- oder trichter-

[1]) Man bezeichnet als Ursache dieser Bewegung, welche bei vielen geschmolzenen Körpern zu beobachten ist, gewöhnlich ihr Kristallisationsbestreben. Ob diese Erklärung richtig ist, möge dahingestellt bleiben.

förmig, oft mehrere Millimeter in die Oberfläche hineingehend[1]). Durch Aufstreuen von Sand, Thon oder Holzkohle, wodurch die Oberfläche vor der Berührung mit der Luft geschützt wird, lässt sich die Entstehung dieser Wanzen und der erwähnten Löcher an der Oberfläche hintertreiben, und man macht deshalb von diesem Mittel Anwendung, wenn das Eisen mit freier Oberfläche in einer Gussform erstarrt (beim Herdguss).

Jene Wanzen entstehen aus dem an der Oberfläche des Eisens unter dem Einflusse der Luft gebildeten Häutchen, welches beim Spiele zerrissen und zu einzelnen Anhäufungen zusammengeschoben wird, um sofort aufs neue sich zu bilden und die nämliche Veränderung zu erleiden. Mit diesen oxydierten Körpern mischen sich nicht selten jene oben erwähnten, durch Saigerung entstandenen Ausscheidungen. Die flachen Löcher unter den Wanzen entstehen zum Teil durch die Einwirkung der Oxyde auf den Kohlenstoff des Roheisens, wobei Kohlenoxydgas sich bildet und, wenn es nicht rasch genug entweichen kann, eine Vertiefung erzeugt[2]); röhrenförmige Löcher dagegen (Senklöcher) sind offenbar durch Entweichen eines gelöst gewesenen Gases entstanden. Während das Spiel, wie erwähnt, am deutlichsten bei mässig grauem Eisen bemerkbar ist, zeigt sich die Wanzenbildung am stärksten bei dem stark halbierten und grellen Roheisen. Das entstehende Häutchen ist bei diesen siliciumärmeren Roheisensorten eben auch ärmer an Kieselsäure, reicher an Eisenoxyden und deshalb strengflüssiger; die Wanzen aber sind **erstarrte** Oxyde und als solche durch ihre schwarze Farbe deutlich erkennbar.

Unter den Einflüssen, welche die Wanzenbildung veranlassen, sind Silicium, Mangan und, sofern das Eisen siliciumarm ist, auch Phosphor leichter oxydierbar als Eisen, und hieraus erklärt sich, dass bei der Analyse reichlichere Mengen jener Körper in den Wanzen als im Roheisen gefunden werden; fand zugleich eine Ausscheidung von Fremdkörpern (z. B. von Schwefelverbindungen) statt, so trifft man neben den Oxyden auch einzelne nicht oxydierte Bestandteile. So z. B. ergab eine von mir angestellte Untersuchung solcher Wanzen nachstehende Zusammensetzung[3]):

Kieselsäure	29,30
Eisenoxyd	13,46
Eisenoxydul	46,73
Manganoxydul	6,40
Phosphorsäure	2,66
Mangansulfür (mit 0,46 Schwefel)	1,25
	99,80

Dass diese Wanzen beim offenen Gusse durch die Löcherbildung an der Oberfläche lästig werden können, sofern man nicht durch Auf-

[1]) Abbildungen: A. Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, Seite 39.
[2]) Versuche hierüber „Stahl und Eisen" 1887, Seite 610 und 792.
[3]) Sonstige Beispiele der Zusammensetzung: Dinglers Polytechnisches Journal, Band 214, Seite 48 (Muck); „Stahl und Eisen" 1887, Seite 540 (Platz), 1897, Seite 482 (Ledebur); auch A. Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, Seite 40.

streuen von Sand oder dergleichen ihre Entstehung verhindert, wurde schon erwähnt; geraten sie aber, nachdem sie vor dem Giessen auf der Oberfläche des im Sammelbehälter stehenden flüssigen Metalls sich gebildet hatten, beim Giessen unversehens mit in die Gussform, so können sie hier in noch nachteiligerer Weise sich geltend machen. Durch den Kohlenstoff des flüssigen Roheisens werden die Oxyde wieder reduziert; es entstehen Metallkügelchen, deren jedes von einer Gasblase (Kohlenoxydgas, aus dem zur Reduktion verbrauchten Kohlenstoff gebildet) eingeschlossen ist und in den meisten Fällen von dem bereits in Erstarrung begriffenen Metalle zurückgehalten wird. Die Erscheinung ist also der oben besprochenen, lediglich durch Saigerung veranlassten Entstehung von Nieren oder Bohnen im Eisen ähnlich; aber die Ursache ist eine andere, und nicht immer lässt sich mit Sicherheit nachweisen, ob die Entstehung jener Kügelchen durch den einen oder andern dieser Vorgänge veranlasst worden ist.

4. Die Entstehung von Gasblasen im Eisen.

Betrachtet man ein einigermassen dickes Stück Glas oder Eis, so findet man häufig Bläschen darin eingeschlossen, durch Luft oder Gase gebildet, welche bei dem Erstarren des flüssigen Glases oder des Wassers nicht mehr entweichen konnten.

Auch auf der Bruchfläche gegossener Metallgegenstände kann man nicht selten solche Gasblasen wahrnehmen, rundlich oder birnenförmig mit glatten Wänden, mitunter ein Metallkügelchen einschliessend, in einzelnen Fällen winzig klein, aber massenhaft innerhalb des ganzen Metallstücks verteilt, in anderen Fällen nur vereinzelt auftretend, aber einen Rauminhalt von oft mehreren Kubikcentimetern einnehmend.

Einzelne Metalle, z. B. das reine Kupfer, können durch diese massenhafte Gasentwickelung, welche ein Aufblähen und Spratzen hervorruft, untauglich für die Giesserei werden. Auch das reine Eisen, ohne Zusätze geschmolzen, würde wegen der stattfindenden Gasentwickelung nicht benutzbar für die Giesserei sein. Durch die Legierung des Eisens mit anderen Körpern (Kohlenstoff, Silicium, Mangan, Aluminium) und Anwendung gewisser Kunstgriffe beim Schmelzen und Giessen lässt die Bildung von Gasblasen sich abmindern; immerhin ist der Fall nicht selten, dass die stattfindende Gasentwickelung Fehlgüsse veranlasst. Je reiner das Eisen ist, in desto stärkerem Masse zeigt sich jener Vorgang; Flusseisen (Stahl) ist daher der Bildung von Gasblasen in stärkerem Masse unterworfen als Roheisen, und dieser Umstand bildet eine der Hauptschwierigkeiten bei der Verarbeitung des ersteren Metalls durch Giessen.

Ein Metall, welches aus dem dünnflüssigen Znstande plötzlich in den festen Zustand übergeht, ist aus naheliegenden Gründen weniger zur Blasenbildung geneigt, als ein solches, welches zunächst einen dickflüssigen, breiigen Zustand durchläuft, bevor es völlig erstarrt. Aus dem dünnflüssigen Metalle entweichen die Gase, ohne Schaden anzurichten; in dem dickflüssigen werden sie zurückgehalten und bilden dann jene Hohlräume. Roheisen erstarrt plötzlich; schmiedbares Eisen allmählich.

Verschiedene Ursachen können Gelegenheit zur Entstehung der Gase im Eisen geben.

War in einer Gussform Luft eingeschlossen, welche beim Eintreten des flüssigen Metalls keinen andern Ausweg fand, als durch dieses hindurch, so veranlasst sie ein Kochen desselben, ein Teil der Luft entweicht, ein anderer Teil aber bleibt bei der eintretenden Erstarrung eingeschlossen und macht den Abguss unbrauchbar. Die Wirkung solcher eingeschlossenen Luft macht sich um so empfindlicher bemerkbar, da sie bei der Erhitzung durch das flüssige Eisen ihren Rauminhalt auf das Vier- bis Fünffache vergrössert. Bei Besprechung der Herstellung der Gussformen werden die Mittel Erwähnung finden, welche zur Vermeidung dieses Vorganges anzuwenden sind.

In nicht seltenen Fällen werden die Blasen durch solche Gase gebildet, welche von dem flüssigen Metalle gelöst waren und kurz vor dem Erstarren wieder Gasform annahmen, ohne noch entweichen zu können. Auch die im Eise und im Glase sich findenden, oben erwähnten Blasen verdanken ihre Entstehung grösstenteils den im Wasser oder im flüssigen Glase gelöst gewesenen Gasen, welche, nachdem sie wieder ihre ursprüngliche Form angenommen hatten, unter der schon gebildeten starren Decke keinen Ausweg mehr finden konnten und solcherart zurückgehalten wurden. Eisen vermag ausser anderen Gasen vornehmlich Wasserstoff und Stickstoff zu lösen; die Gelegenheit zur Aufnahme dieser beiden Körper ist fast immer beim Schmelzen des Eisens durch die Berührung mit den Verbrennungsgasen gegeben [1]. So z. B. fand Müller in den Blasenräumen verschiedener Sorten Eisens [2]:

	Wasserstoff	Stickstoff	Kohlenoxyd
	Raumteile		
Gase aus grauem manganhaltigem Roheisen (Bessemerroheisen)	86,5	9,2	4,3
Gase aus grauem manganarmem Roheisen (Hämatitroheisen)	52,1	44,0	3,9
Gase aus Bessemerstahl	76,7	26,3	0,0
„ „ „	92,4	5,9	1,4

Wasserstoff und Stickstoff waren hier ohne Zweifel im flüssigen Metall gelöst gewesen; die gefundenen kleinen Mengen von Kohlenoxydgas können möglicherweise einem anderen, sogleich zu besprechenden Vorgange ihr Dasein verdanken. Bei allen Untersuchungen fanden sich

[1]) Auch wenn freier Wasserstoff in den Verbrennungsgasen nicht zugegen ist, findet bei Berührung von Wasserdampf mit flüssigem Eisen eine Zerlegung unter Freiwerden von Wasserstoff statt. Gerade dieser im Entstehungszustande mit dem flüssigem Metalle in Berührung befindliche Wasserstoff wird von diesem leicht aufgenommen.

[2]) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., Band 23, Seite 493; „Stahl und Eisen" 1882, Seite 537, 1883, Seite 443.

die Gase unter hohem Druck in den Blasen eingeschlossen; hieraus folgt, dass auch das bereits starr gewordene Metall noch Gase aushaucht, da sonst infolge der stattfindenden Abkühlung der Gase kein Ueberdruck, sondern vielmehr eine Luftverdünnung in den Hohlräumen eintreten würde.

Ist die Gasentwickelung heftig, so veranlasst sie ein Funkenwerfen durch umhergeschleuderte Eisenkörnchen; besonders deutlich zeigt sich diese Erscheinung wiederum bei solchem Eisen, welches zwischen dem flüssigen und dem starren Zustande einen breiartigen Uebergangszustand durchläuft, also beim Flusseisen; auch das an Kohlenstoff, Silicium und Mangan ärmere Roheisen (stark halbiertes und grelles Eisen, gewöhnliches manganarmes Weisseisen) pflegt reichlich Funken zu werfen. Vor dem Erstarren entsteht nicht selten ein wirklicher Funkenregen; die Oberfläche des Metalls bläht sich auf, falls sie freiliegt, oder es entstehen zwiebelartige Auswüchse.

Nicht alle Eisenarten besitzen eine gleich starke Fähigkeit, Gase zu lösen. Kohlenstoff und Silicium verringern das Lösungsvermögen des Eisens für Gase oder verhindern wenigstens, dass die gelösten Gase aus dem noch flüssigen Metalle in Gasform wieder austreten[1]). Tiefgraues manganarmes Roheisen, welches beide Körper in reichlicher Menge enthält, entwickelt daher nur verhältnismässig wenig Gase, reichlicher ist die Gasentwickelung beim grellen Eisen und gewöhnlichen Weisseisen, noch bedeutender beim Flusseisen. Jenes erwähnte massenhafte Funkenwerfen beim Erstarren dieser Eisensorten liefert einen Beweis von der grossen Menge der hier entweichenden Gase.

Mangan erhöht, wenn es in grösseren Mengen als 1 v. H. zugegen ist, das Lösungsvermögen des Eisens für Gase. Roheisen, welches mehrere Hundertteile Mangan enthält, ist beim Fliesen mit einer Schicht brennenden, wenig leuchtenden Gases — offenbar Wasserstoffgases — bedeckt, deren Stärke mit dem Mangangehalte zunimmt; Müller fand bei seinen erwähnten Untersuchungen im manganreicheren Roheisen drei- bis zehnmal soviel Gas eingeschlossen, als im manganarmen Hämatitroheisen, und die oben mitgeteilten Analysen ergeben in dem manganreicheren Roheisen einen erheblich grösseren Wasserstoffgehalt als in dem manganärmeren. Da aber ein Mangangehalt zugleich die Dünnflüssigkeit des Eisens erhöht und den Uebergang zwischen flüssigem und festem Zustande abkürzt, wirkt doch jener reichlichere Gasgehalt des manganreicheren Eisens nicht ganz so nachteilig als man vermuten könnte. Ein grosser Teil des Gases entweicht eben, wie die erwähnte Flammendecke beweist, aus dem noch völlig flüssigen Metalle, ohne Schaden anzurichten. Immerhin ist manganreiches Eisen stärker zur Bildung von Gasblasen geneigt als manganarmes von übrigens gleicher Zusammensetzung.

Die Löslichkeit der Gase im flüssigen Metalle wächst mit dem Drucke, unter welchem das Metall sich befindet. Ebenso, wie Wasser

[1]) Der Erfolg ist natürlich der gleiche, ob das flüssige Metall überhaupt weniger Gase gelöst enthält oder ob die Gase, welche gelöst waren, auch beim Erstarren gelöst bleiben, ohne wieder Gasformen anzunehmen: die Bildung von Gasblasen findet in beiden Fällen nicht statt. Auf welcher der beiden Ursachen die Wirkung des Kohlenstoff- und Siliciumgehalts beruhe, ist noch nicht mit Sicherheit erforscht worden.

unter starkem Drucke grosse Mengen von Gasen zu lösen vermag, von denen ein beträchtlicher Teil sofort wieder Gasform annimmt und entweicht, sobald der Druck nachlässt — man denke nur an die stürmische Gasentwickelung beim Oeffnen einer Sodawasserflasche — steigert sich auch die Menge der im geschmolzenen Eisen gelösten Gase mit dem Gasdrucke, und wenn dieser sich verringert, nimmt auch hier ein Teil der gelösten Gase wieder Gasform an. In Schmelzöfen, welche unter hohem Gasdrucke betrieben werden, pflegt deshalb auch ein gasreicheres Schmelzerzeugnis zu erfolgen als in solchen mit niederem Drucke.

Die Gasentwickelung im erstarrenden Metalle kann indes auch die Folge eines chemischen Vorgangs sein, welcher eine Neubildung von Gas hervorruft. Tritt der Kohlenstoffgehalt des flüssigen Roheisens mit Oxyden des Eisens in Berührung, so entsteht unter Reduktion der letzteren Kohlenoxydgas, welches Gasblasen bildet, sofern es nicht zum Entweichen Gelegenheit findet.

Sauerstoffhaltiges Flusseisen entwickelt demnach unter der Einwirkung seines Kohlenstoffgehaltes auf den Sauerstoffgehalt unausgesetzt Kohlenoxydgas, bis der Sauerstoff durch Mangan- oder besser Aluminiumzusatz ausgeschieden wird; dass kohlenstoffarmes Roheisen (grelles Roheisen) gleichfalls noch Sauerstoff enthalten kann, welcher die Entstehung von Kohlenoxydgas veranlasst, ist mindestens wahrscheinlich. Aber auch Zufälligkeiten vermögen im Roheisen den gleichen Vorgang hervorzurufen. Schon früher wurde z. B. erwähnt, dass die auf der Oberfläche des geschmolzenen Roheisens schwimmenden „Wanzen“, wenn sie mit in die Gussform gelangen, hier in der angedeuteten Weise eine Gasblase erzeugen, in welcher sie selbst, in ein Metallkügelchen umgewandelt, eingeschlossen sind. Die gleiche Erscheinung wird bisweilen bemerkbar, wenn das flüssige Metall beim Giessen von beträchtlicher Höhe herabstürzen muss, bevor es auf dem Boden der Gussform anlangt (beim Gusse von Röhren oder Säulen mit senkrechter Achse und in ähnlichen Fällen). Das zuerst auftreffende Metall zerstiebt in zahlreiche Kügelchen, welche erstarren und durch die Berührung mit der in der Gussform eingeschlossenen Luft sich mit einem Oxydhäutchen bedecken. Die Kügelchen werden von dem nachfolgenden Metalle emporgehoben, das Oxyd wirkt auf den Kohlenstoffgehalt des Roheisens, und so entsteht ebenfalls eine Gasblase mit eingeschlossenem Kügelchen. Die Erscheinung ist vorzugsweise häufig bei Gegenständen mit geringerer Wandstärke, welche rasch erstarren, wahrnehmbar, in dickeren, langsamer erstarrenden Abgüssen findet die Gasblase leichter Gelegenheit, bis zur Oberfläche emporzusteigen, und das Metallkügelchen kommt wieder zum Schmelzen.

Ebenso rufen eiserne Bestandteile der Gussform, welche mit dem flüssigen Metalle in Berührung treten, Gasentwickelung hervor, wenn sie Eisenoxyde — Glühspan, Rost — an der Oberfläche enthalten. Häufig zeigt sich diese Erscheinung bei Anwendung sogenannter Kernsteifen (Kernträger) oder Kernnägel, aus Schmiedeeisen gefertigter Stützen für eingelegte Kerne, um diese in ihrer richtigen Lage zu erhalten. Beim Giessen werden die Kernsteifen von dem flüssigen Metalle eingeschlossen und bleiben im Abgusse stecken. Alles gewalzte oder überhaupt in höhererer Temperatur bearbeitete Eisen aber ist mit einem

Glühspanhäutchen — seiner chemischen Zusammensetzung nach Eisenoxyduloxyd — überzogen; wendet man also Kernsteifen an, welche nicht völlig von diesem Ueberzuge befreit waren, so tritt Gasentwickelung ein und der Abguss zeigt da, wo die Kernsteife eingegossen war, eine oder auch mehrere Gasblasen. Befreit man durch Befeilen oder durch Beizen mit Salz- oder Schwefelsäure das Metall der Kernsteife von dem erwähnten Ueberzuge, so ist zwar dadurch die ursprüngliche Veranlassung der Gasentwickelung beseitigt; das blanke Eisen aber pflegt bekanntlich rasch zu rosten, und hierdurch ist dann eine neue Ursache für denselben Vorgang gegeben. Man pflegt daher Kernsteifen, welche in Vorrat gefertigt werden, zunächst vom Glühspan zu reinigen und dann zu verzinnen, um sie vor dem Rosten zu schützen; ganz vollständig ist jedoch der Erfolg dieses Mittels nicht[1]).

Eine gleiche Erscheinung zeigt sich beim Hartguss (Seite 15), wenn die zur raschen Abkühlung des eingegossenen Metalls dienenden Gusseisenteile der Form (Gussschalen, Kokillen) im Freien gelegen hatten und verrostet waren. Der Rost wird zersetzt, Wasserdampf und Kohlenoxyd werden gebildet; der Abguss wird blasig.

Endlich darf der Umstand nicht unerwähnt bleiben, dass selbst durch einfache Berührung geschmolzenen Metalls mit einem kalten Metallstücke Gasentwickelung veranlasst werden kann, auch wenn die Ursache zu einer Neubildung eines Gases fehlt. Diese Thatsache beruht auf der Eigenschaft fester Körper, Gase, z. B. Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf, aus der umgebenden Luft durch Anziehung an ihrer Oberfläche und in ihren Poren zu verdichten. Kommt nun ein solcher mit einer verdichteten Gashülle umgebener Körper mit flüssigem Metalle in Berührung, so wird das Gas verdrängt und dehnt sich bei der Erhitzung auf das Vielfache seines Rauminhalts aus; ist hierbei der feste Körper von dem flüssigen eingeschlossen, so muss durch das entweichende Gas ein Kochen des letzteren hervorgerufen werden und der Abguss blasig ausfallen. Beim Einwerfen eines kalten Eisenstückes in geschmolzenes Eisen kann auf Grund dieses Vorganges eine so plötzliche und heftige Gasentwickelung hervorgerufen werden, dass flüssiges Metall in Menge umhergeschleudert wird. Nicht selten sind Unglücksfälle — Verbrennungen von Arbeitern — durch ein derartiges Einwerfen kalten Metalls in eine grössere Menge flüssigen Eisens herbeigeführt worden.

Aus diesem Grunde kann durch Kernsteifen oder andere in der Gussform befindliche Eisenteile die Entstehung von Gasblasen selbst dann veranlasst werden, wenn jene Teile frei von Oxyden waren. Durch eine, wenn auch nur mässige Erwärmung des kalten Metallstücks wird indes, wie aus dem Erfolge sich scliessen lässt, jene gefährliche Gashülle ganz oder zum grössten Teile entfernt. Man pflegt daher beim Hartgusse die erwähnten eisernen Gussschalen etwas anzuwärmen, ehe das Giessen stattfindet, und wenn aus irgend einem Grunde Eisenstücke in geschmolzenem Eisen aufgelöst werden sollen (z. B. um die Abkühlung überhitzten und deshalb zum Gusse noch nicht tauglichen Gusseisens zu beschleunigen), oder wenn man mit einem Eisenstabe das flüssige Metall

---

[1]) Versuche über diese Wirkung verrosteter Kernstützen: „Stahl und Eisen" 1886, Seite 312 (Riemer).

umzurühren beabsichtigt, wird die Gefahr des Spratzens ebenfalls durch gelindes Anwärmen des kalten Eisenstücks beseitigt.

Bei Kernsteifen, welche oft geraume Zeit vor der Ausführung des Gusses in die Gussform eingesetzt werden müssen, ist ein solches Anwärmen nicht immer thunlich. Sie bilden dann eben ein unvermeidliches Uebel.

5. Die Schwindung und ihre Folgen.

a) Das Schwindmass.

Schwindung — als Vorgang gedacht — ist die Verkleinerung der Abmessungen, welche ein zur Herstellung gegossener Gegenstände bestimmtes Metall (oder allgemein ein giessbarer Körper) erfährt, während es aus der Temperatur, welche es im geschmolzenen Zustande besitzt, auf die gewöhnliche Temperatur abkühlt. Da aber bei der Herstellung von Gusswaren eine Gussform zur Aufnahme des flüssigen Metalls dient, damit dieses in ihr erstarre und seine Formgebung erhalte, pflegt man die Schwindung auch als den Unterschied der Abmessungen der Gussform und des Abgusses zu bezeichnen [1]).

Die Ziffer, welche angibt, um wie viel des ursprünglichen Masses jede Abmessung sich beim Schwinden verringert, heisst der Schwindungskoeffizient oder das Schwindmass [2]).

Wie zahlreiche andere Flüssigkeiten, z. B. das Wasser, dehnt sich flüssiges Eisen, insbesondere Roheisen, kurz vor dem Erstarren aus. Wie Eis auf dem Wasser, schwimmt starres Eisen auf flüssigem [3]).

Je stärker diese Ausdehnung ist, desto geringer muss die Schwindung ausfallen. Graphitbildung im Eisen ruft Ausdehnung hervor; graphitreiches Roheisen schwindet daher am wenigsten.

Als durchschnittliches Schwindmass des grauen Roheisens pflegt man $\frac{1}{96}$, des härteren Tiegelstahls $\frac{1}{65}$, des weicheren Stahls (Flusseisens) und des gewöhnlichen Weisseisens $\frac{1}{55}$ bis $\frac{1}{60}$ zu rechnen. Ganz reines Eisen besitzt nach Keep ein Schwindmass $= \frac{1}{41}$, schwindet also sehr beträchtlich [4]).

Im übrigen ist die Grösse der Schwindung eines und desselben Metalls von verschiedenen Umständen abhängig.

---

[1]) Der Unterschied in dem Rauminhalte der Gussform und dem des Abgusses heisst kubische Schwindung. Sie hat jedoch keine praktische Bedeutung.

[2]) Kubisches Schwindmass würde die auf den ursprünglichen Rauminhalt bezogene Ziffer heissen. Es ist annähernd dreimal so gross als das Längenschwindmass. Vergleiche berg- und hüttenmännische Zeitung 1869, Seite 2; oder A. Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege. Braunschweig 1877, Seite 95.

[3]) Hinsichtlich des Beweises, das das Schwimmen des starren Metalls auf flüssigem in der That eine Folge der stattgehabten Ausdehnung ist, vergleiche A. Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, Seite 41. Berg- und hüttenmännische Zeitung 1875, Seite 176; 1876 Seite 34; Dinglers polytechnisches Journal, Band 226, Seite 213; „Stahl und Eisen“ 1894, Seite 911; 1895, Seite 896.

[4]) „Stahl und Eisen“ 1890, Seite 604.

Je stärker überhitzt das Eisen in die Gussform eingegossen wurde, desto stärker ist die Schwindung, da auch das noch flüssige Metall bis zum Erstarren seine Abmessungen verringert.

Ferner ist der Gehalt des Eisens an Fremdkörpern für sein Schwindmass von Bedeutung. Ueber diesen Einfluss der chemischen Zusammensetzung sind durch Jüngst Versuche mit Gusseisensorten abweichender Zusammensetzung angestellt worden [1]), und den von ihm gemachten Mitteilungen entstammen nachstehend gegebene Beispiele.

Nummer des Versuchs in der genannten Abhandlung	Aussehen der Bruchfläche der Proben	Chemische Zusammensetzung					Schwindmass
		Graphit	Gesamter Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	
18	Hellgrau, feinkörnig	2,08	2,80	2,29	0,86	0,81	$\frac{1}{105}$
17	Grau, feinkörnig	2,22	2,71	2,24	0,45	0,93	$\frac{1}{98}$
14	Hellgrau, feinkörnig	2,38	2,88	3,21	1,86	0,90	$\frac{1}{95}$
4	Nicht angegeben	2,89	3,43	1,46	0,75	0,93	$\frac{1}{93}$
3	Nicht angegeben . . . . , .	2,53	3,45	1,63	1,75	0,85	$\frac{1}{89}$
1	Nicht angegeben	2,82	2,97	4,27	2,25	0,53	$\frac{1}{87}$
2	Nicht angegeben	2,64	3,44	1,39	2,20	0,86	$\frac{1}{78}$
11	Nicht angegeben, jedenfalls weiss	0,15	2,92	0,67	0,35	0,98	$\frac{1}{71}$
9	Grauweiss	1,97	1,97	9,50	0,62	0,33	$\frac{1}{70}$
44	Weiss	0,49	3,14	0,84	0,26	0,73	$\frac{1}{65}$
10	Weiss	0,00	3,61	0,99	3,23	0,67	$\frac{1}{58}$

Von den hier aufgeführten Gusseisensorten besitzt keine einen so hohen Graphitgehalt, wie er dem tiefgrauen Roheisen eigentümlich ist; daher bleibt auch nur bei zwei Proben die Schwindung hinter dem oben angegebenen mittleren Masse der Schwindung des grauen Roheisens ($\frac{1}{96}$) zurück [2]); alle übrigen Proben besitzen stärkere Schwindung.

Nichtgraphitischer Kohlenstoff beeinflusst nicht erheblich die Schwindung; Weisseisen schwindet nur unbedeutend weniger als kohlenstofffreies Eisen, dessen Schwindmass nach früherem $\frac{1}{41}$ beträgt. Die Thatsache, dass graues Roheisen weniger stark als weisses schwindet, findet ihre Erklärung daher lediglich in der die Schwindung abmindernden Wirkung des Graphitgehalts der ersteren Roheisengattung.

Ein Mangangehalt erhöht die Schwindung sowohl unmittelbar als auch, indem er die Graphitbildung erschwert. In der obigen Zusammenstellung ist die am stärksten schwindende Probe auch die manganreichste; die mit 1 und 2 bezeichneten Proben zeigen, obwohl sie zu den graphitreichsten gehören, eine verhältnismässig bedeutende Schwin-

---

[1]) Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium. Berlin 1890.

[2]) Bei sehr graphitreichem Gusseisen fand ich eine Schwindung von nur $\frac{1}{135}$ (Das Roheisen, Seite 42).

dung, da sie einen ziemlich hohen Mangangehalt besitzen, und die am wenigsten schwindenden Proben gehören zu den manganärmsten.

Ein mässiger Siliciumgehalt erniedrigt mittelbar, indem er Graphitbildung veranlasst, das Schwindmass, und unter allen Sorten Roheisens besitzen erfahrungsgemäss diejenigen die geringste Schwindung, welche 2 bis 3 v. H. Silicium neben 3,5 bis 4 v. H. Gesamtkohlenstoff und wenig Mangan enthalten. Die siliciumarmen Proben 11 und 44 zeigen deshalb trotz ihres niedrigen Mangangehalts eine ziemlich starke Schwindung, da ihr Graphitgehalt wegen des niedrigen Siliciumgehalts geringer ist. Unmittelbar aber wirkt ein Siliciumgehalt, wie Versuch 9 erkennen lässt und auch von anderer Seite bestätigt ist [1]), eher erhöhend als erniedrigend auf das Schwindmass.

Phosphor besitzt keinen erheblichen Einfluss; jedenfalls erhöht er nicht, wie man bisweilen annimmt, die Schwindung. Keep fand sogar, dass sowohl reines Eisen als Gusseisen sein Schwindmass verringerte, als man seinen Phosphorgehalt anreicherte [2]); auch in der oben gegebenen Zusammenstellung sind die am wenigsten schwindenden Gusseisensorten ziemlich phosphorreich.

Wenn nun, wie aus dem Gesagten hervorgeht, vor allem der Graphitgehalt des grauen Roheisens dessen Schwindung beeinflusst, wenn der Graphitgehalt die eigentliche Ursache ist, dass das graue Roheisen weniger als das weisse schwindet, und wenn im allgemeinen ein Roheisen um so geringere Schwindung besitzt, je reicher sein Graphitgehalt ist, so folgt auch, dass ein und dasselbe Gusseisen um so weniger schwinden wird, je langsamer seine Abkühlung vor sich geht, da der entstehende Graphitgehalt wesentlich von den Abkühlungsverhältnissen abhängig ist. Ein dicker Abguss schwindet deshalb auch weniger als ein dünner aus demselben Eisen gegossener.

Ein Versuch vermag leicht diese Thatsache zu bestätigen. Man braucht nur in Gussformen von genau gleicher Länge (1 m Länge ist ein passendes Mass dafür) einige dicke und einige dünne Stäbe aus demselben Eisen zu giessen, so werden die dünnen, weil sie stärker geschwunden waren, kürzer ausfallen als die dicken.

Im Giessereibetriebe kommen jedoch Fälle vor, welche scheinbar zu dem entgegengesetzten Schlusse führen: dass dünne Gegenstände weniger stark als dickere schwänden. Unter dem Arbeiterpersonal einer Eisengiesserei begegnet man einer derartigen Behauptung nicht selten.

Giesst man z. B. ein Gitter mit starkem, rings herum laufendem Rahmen und dünnen Stäben, welche von einer Seite des Rahmens zu der gegenüberliegenden hinüberreichen, und lässt es ohne Anwendung besonderer Vorsichtsmassregeln erkalten, so wird man finden, dass die eingeschlossenen dünnen Stäbe aus der Ebene des Rahmens herausgebogen, also thatsächlich länger ausgefallen sind als die dickeren Stäbe des umschliessenden Rahmens. Der Grund dieser Erscheinung liegt jedoch nicht sowohl in dem Umstande, dass das Schwindmass des rascher abkühlenden Gusseisens in den dünneren Stäben geringer ist,

---

1) „Stahl und Eisen" 1889, Seite 1005.
2) „Stahl und Eisen" 1890, Seite 604.

sondern darin, dass sie frühzeitiger als der Rahmen zum Erstarren und Schwinden gelangten und dass hierbei aus dem Rahmen flüssiges Metall nachfloss, um die Verkürzung jener auszugleichen. Sie fielen also länger aus, als es der Fall gewesen sein würde, wenn sie ohne Verbindung mit dem Rahmen erstarrt wären; und der letztere musste bei seiner später eintretenden Schwindung entweder zerreissen oder die dünnen Stäbe krumm biegen [1]).

Die Folgen der Schwindung bilden die Ursache zahlreicher, auf den ersten Blick oft rätselhafter Vorkommnisse in den Giessereien, und man muss daher, wenn der Guss gelingen soll, von vornherein gebührende Rücksicht auf jene durch die Schwindung hervorgerufenen Vorgänge zu nehmen bemüht sein. In allen Fällen erschwert die Schwindung das Gelingen des Gusses; hieraus folgt, dass ein Eisen um so bequemer für die Giesserei benutzbar ist, je geringer sein Schwindmass ist. Schmiedbares Eisen (Stahl, Flusseisen) schwindet nach obigem stärker als Gusseisen; auch dieser Umstand erschwert bei Verwendung des ersteren die Herstellung brauchbarer Abgüsse [2]).

b) Entstehung von Hohlräumen und Saugstellen.

Bei jedem Gusse schreitet die Abkühlung und die Erstarrung der flüssigen Masse von den Wänden der Gussform, d. i. von den Aussenflächen des Abgusses, nach innen zu fort. Zunächst entsteht eine Kruste erstarrten Metalls, welche sich zusammenzieht und hierbei einen etwaigen Ueberschuss des eingeschlossenen flüssigen Metalls durch den Einguss zurückpresst. Die Kruste wird allmählich dicker und dicker, d. h. von dem eingeschlossenen Metalle setzt sich mehr und mehr an dieselbe an und beginnt nun ebenfalls zu schwinden. Die Folge dieser allmählich verlaufenden Schwindung, des Umstandes, dass die Kruste bereits geschwunden ist, während der Kern sich noch im flüssigen Zustande befindet, ist die Entstehung eines Hohlraums an derjenigen Stelle, wo das letzte flüssige Metall sich befand, wo die Erstarrung zuletzt eintrat. Form und Grösse dieses Hohlraums sind von der Form und Grösse des Abgusses abhängig; in einzelnen Stücken zieht er sich kanalförmig, dem Profile des Abgusses folgend, in diesem hin, in anderen dicken Abgüssen ist er auf eine einzige Stelle beschränkt, nimmt aber an dieser häufig einen ganz beträchtlichen Raum ein. In dünneren Querschnitten, Platten u. dergl., erscheint er auch wohl nur als undichte, porige Stelle, fast immer aber deutlich erkennbar, sofern die betreffende Querschnittsabmessung nicht gar zu gering ist. Alle diese infolge der Schwindung entstandenen Hohlräume sind deutlich durch die kristallinische Form ihrer Wände gekennzeichnet, auch nicht selten drusenartig mit Kristallen ausgefüllt, welche beim grauen Gusseisen und Stahl regelmässig eine eigentümliche, an die Form von Tannenbäumchen erinnernde Gestaltung zeigen. Man

---

[1]) Versuche hierüber: Berg- und hüttenmännische Zeitung 1869, S. 49.
[2]) Ein anderer schon erwähnter Umstand ist die stärkere Gasentwickelung aus flüssigem schmiedbarem Eisen.

bezeichnet sie in der That nicht selten mit dem Ausdrucke Tannenbaumkristalle. Es sind Oktaedergerippe, die aber nur in ihren Umrissen das regelmässige Oktaeder erkennen lassen (Fig. 1).

Fig. 1.



Auch im gewöhnlichen Weisseisen zeigen sich mitunter diese Kristallbildungen, jedoch meistens nur in sehr kleinen Abmessungen [1]).

Durch diese kristallinische Form ihrer Wände unterscheiden sich die infolge der Schwindung entstandenen Hohlräume gewöhnlich deutlich von den früher besprochenen Gasblasen. Selbst da, wo lediglich eine porige Beschaffenheit des Abgusses in den dickeren Querschnitten den stattgehabten Vorgang verrät, lassen sich doch gewöhnlich kleine Kristalle innerhalb der „Poren“ mit der Lupe entdecken.

Ist nun die Wand des Abgusses, welche eine solche hohle Stelle umgibt, verhältnismässig schwach, so kommt es vor, dass sie, da im Innern sich thatsächlich ein luftleerer Raum befindet, durch die äussere Luft nach innen hineingedrückt wird, dass hier also eine Senkung entsteht, oder auch, dass die Luft, die halberstarrte Masse durchbrechend, sich einen Kanal in das Innere bahnt, welchen Vorgang man Lungern (Lunkern) oder besser Saugen benennt.

Die Brauchbarkeit eines Abgusses kann durch die Entstehung solcher Hohlräume oder Poren erheblich geschädigt werden. Man denke sich ein auf Festigkeit in Anspruch genommenes Gussstück, einen Träger, eine Walze oder dergl. mehr, und gemäss der Festigkeitsziffer des Metalls bemessen, aber im Innern infolge der Schwindung undicht, wohl gar hohl; die Festigkeit ist geringer als sie sein sollte, und die Gefahr ist nicht eher erkennbar, bis der Bruch bereits erfolgt ist. In anderen Fällen soll ein Abguss durch schneidende Werkzeuge bearbeitet werden, und der Guss ist scheinbar ohne Fehler; aber nachdem das Werkzeug (der Meissel, Drehstahl) einige Späne entfernt hat, wird ein Hohlraum, eine undichte Stelle im Innern blossgelegt, welche gar häufig den Abguss für seinen Zweck unverwendbar macht, und auch die bereits aufgewendeten Kosten für die Bearbeitung des Gussstücks sind dann verloren.

Es ist demnach eine wichtige Aufgabe des Giessers, die Entstehung solcher hohler Räume im Innern der Gussstücke nach Möglichkeit zu beschränken. Durch Regelung der chemischen Zusammensetzung des zu vergiessenden Metalls in solcher Weise, dass dessen Schwindmass thunlichst klein ausfällt, kann man die Erreichung des Ziels erleichtern, aber das Mittel ist nur in beschränktem Masse anwendbar, da die Zusammensetzung von der ins Auge gefassten Verwendung des zu giessen-

[1]) Eisenmangane kristallisieren in Nadeln oder Säulen, die im Spiegeleisen zu blätterartigen Kristallbildungen sich aneinanderreihen, wie schon früher erwähnt worden ist.

den Gegenstandes abhängen muss. Das Mass der stattfindenden Schwindung aber wird, wie oben erläutert wurde, auch durch die Temperatur des einfliessenden Metalls beeinflusst und nimmt mit der Temperatur zu. Daher ist es zur Vermeidung der Entstehung grosser Schwindungshohlräume Bedingung, dass das Metall in nicht stärker überhitztem Zustande eingegossen werde, als zur Ausfüllung der Gussformquerschnitte notwendig ist.

Ein bei richtiger Anwendung erfolgreiches Mittel zur Erreichung des Ziels ist ferner die Anbringung eines sogenannten verlorenen Kopfs, d. h. eines später durch mechanische Bearbeitung zu entfernenden Aufsatzes auf das Gussstück von solcher Form und Grösse, dass innerhalb desselben das flüssige Metall später als in dem eigentlichen Abgusse erstarrt.

Die Wirkung eines solchen verlorenen Kopfs wird leicht verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass aus diesem, wenn er eben länger als der Abguss flüssig bleibt, Metall nach unten hin abfliessen muss, um den entstehenden Hohlraum auszufüllen; der Abguss wird demnach dicht und der Kopf hohl.

Auch zur Aufnahme aufsteigender Gasblasen, welche ohne Anwendung eines Kopfes in dem Gussstücke zurückbleiben würden, kann dieser nützlich sein.

Ausführlicher wird von der zweckentsprechenden Einrichtung und Anwendung des verlorenen Kopfs im vierten und fünften Abschnitte die Rede sein.

c) Entstehung von Spannungen in den Gussstücken.

Spannungen oder auch Risse können in einem Abgusse entstehen, wenn dessen verschiedene Teile verschieden rasch erkalten und dabei nicht schwinden können, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen.

Schon oben war ein Fall beschrieben, wo die dünneren Sprossen eines Gitters mit dickem Rahmen länger ausfallen, als wenn sie frei schwinden können, und dabei aus der Ebene des Rahmens herausgebogen werden. Es ist selbstverständlich, dass dieses Herausbiegen nicht geschehen kann, ohne dass ein Widerstand stattfindet, welcher eben die erwähnte Spannung — eine Störung des Gleichgewichtszustandes der zwischen den Teilchen des Abgusses wirksamen Kräfte — hervorruft. Sowohl in den herausgebogenen Sprossen als in dem Rahmen, durch dessen Schwindung das Herausbiegen veranlasst wurde, herrscht Spannung. Uebersteigt das Mass der Spannung die Festigkeit des Metalls, so tritt schon beim Erkalten Bruch oder Zerreissung ein; im anderen Falle genügt eine geringfügige Ursache, ein Schlag oder eine sonstige Erschütterung, eine einseitige Erhitzung oder dergleichen, den Bruch herbeizuführen.

Je starrer, weniger nachgiebig das verwendete Gussmaterial ist, desto grösser wird die entstehende Spannung, desto leichter tritt Bruch ein. Daher neigt unter allen giessbaren Metallen das Gusseisen, welches eines der sprödesten ist, vorzugsweise stark zur Entstehung von Spannungen und zum Zerspringen auf Grund dieser Spannungen; graphitarmes Gusseisen stärker als graphitreiches, teils weil es stärker schwin-

det als dieses, teils weil es spröder zu sein pflegt, phosphorreiches stärker als phosphorarmes. Schmiedbares Eisen ist zwar nachgiebiger als Gusseisen, aber seine Schwindung ist bedeutender. Auch bei diesem tritt daher leicht Spannung ein, oder es findet ein Reissen einzelner Teile statt.

Solche Fälle aber, wo beim Giessen Gelegenheit zur Entstehung von Spannungen gegeben ist, sind zahlreich.

Ebenso wie ein Gitter (oder auch ein Fenster) mit starkem Rahmen und dünnen Sprossen verhält sich ein Rad mit starkem Kranze und schwachen Armen: ersterer schwindet später und übt dann auf die Arme einen Druck aus, der ein Verbiegen dieser oder ein Zerreissen des Kranzes zur Folge haben kann, welcher Fall beim Gusse von Schwungrädern, Riemenscheiben, Handrädchen u. s. w. gar nicht selten ist.

Sind umgekehrt bei einem Gitter die Sprossen stärker als der Rahmen, so schwinden erstere später und reissen ab; besitzt ein Rad eine im Verhältnis zum Querschnitte der Arme sehr starke Nabe, so schwindet auch diese später und trennt sich von den Armen oder ruft Spannung hervor.

Soll eine Platte, z. B. eine Sohlplatte für Maschinen, eine oder mehrere aufgegossene starke Rippen erhalten, so findet an den betreffenden Stellen eine Materialanhäufung statt, welche die Abkühlung verzögert; die Rippen schwinden später und die Platte zieht sich krumm oder zerspringt.

Selbst eine Platte ohne Rippen und mit ganz gleichmässigem Querschnitte kann sich verziehen oder Spannung bekommen, weil die Erstarrung an den Rändern rascher von statten geht als in der Mitte. Je weiter aber die Mitte vom Rande entfernt ist, desto ungleichmässiger verläuft die Erstarrung; aus diesem Grunde sind quadratische und kreisrunde Platten dem Verziehen stärker unterworfen als längliche (rechteckige oder elliptische) von gleich grosser Oberfläche. Die Gefahr des Krummziehens aber wird abgemindert, wenn statt der vollen quadratischen Platte eine rahmenförmige gegossen wird, d. h. wenn man in der Mitte eine Oeffnung lässt, selbst wenn diese nicht sehr gross in ihren Abmessungen sein sollte.

Nicht immer jedoch gestaltet sich der Vorgang so einfach wie in den hier geschilderten Beispielen, und es bedarf längerer Erfahrung, um in den vorkommenden Fällen beurteilen zu können, ob die Form und Abmessungen eines herzustellenden Abgusses die Gefahr für die Entstehung von Spannungen herbeiführen können. Auch der erfahrenste und umsichtigste Giesser kann bisweilen Misserfolge in dieser Beziehung erleben.

Da die Spannung mit dem Gesamtmasse der stattfindenden Schwindung, dieses aber mit den Abmessungen eines Abgusses wächst, nimmt auch die Gefahr für die Entstehung von Spannungen mit der Grösse der herzustellenden Gussstücke zu. Während der Guss einer quadratischen oder kreisrunden Platte von 20 cm Durchmesser keinerlei Schwierigkeiten bereitet, liegt bei einer ebensolchen Platte von 2 m Durchmesser die Gefahr des Verziehens sehr nahe, und dasselbe ist bei allen ähnlichen Gusstücken der Fall.

Glücklicherweise gibt es verschiedene Kunstgriffe, die Entstehung solcher Spannungen zu verhüten oder doch die Gefahr abzumindern.

Das einfachste Mittel würde sein, die Abgüsse von vornherein so einzurichten, dass eine gleichmässige Abkühlung stattfindet, dass also an keiner Stelle eine besonders starke Materialanhäufung zu bemerken ist. Wenn man auch beim Entwerfen von Gussgegenständen dieses Ziel niemals ausser Augen lassen sollte, so ist es doch in Rücksicht auf den Zweck des herzustellenden Abgusses nicht immer möglich, es vollständig zu erreichen.

Ein zweites Mittel ist dann die Regelung der Abkühlung in solcher Weise, dass trotz der Abweichungen in der Grösse der Querschnitte doch sämtliche Teile ziemlich gleichmässig erstarren und erkalten. Man hält nach dem Gusse die schwächeren Teile mit schlechten Wärmeleitern (Formsand) bedeckt, entblösst die stärkeren und besprengt sie auch wohl mit Wasser, wenn die Abweichungen besonders gross sind. Bei einiger Umsicht lassen sich durch Anwendung dieses Mittels gute Erfolge erreichen.

Da Teile von grösserer Länge eher eine schwache Verbiegung als eine Zusammendrückung erfahren können, die durch Verbiegung hervorgerufene Spannung mithin auch geringer ist als die durch Zusammendrückung erzeugte, kann man häufig durch eine zweckmässig gewählte Form einzelner Teile der Abgüsse, welche sie bei der Schwindung der Verbiegung statt der Zusammendrückung aussetzt, die Entstehung von Spannungen vermeiden. Bei einem Rade mit geradlinigen Armen drückt der starke Kranz beim Schwinden die Arme in ihrer Längenrichtung zusammen, und da sie hierbei nur wenig nachgeben können, so entsteht Spannung oder Zertrümmerung; wendet man aber Arme an, welche statt der geradlinigen eine gebogene Form besitzen (wie es bei Riemenscheiben, Handrädchen und dergl. üblich ist), so genügt schon eine verhältnismässig geringe Einbiegung, die Spannung im Kranze zu vermindern, und man wird leicht erkennen, dass die Inanspruchnahme der Arme hierbei, also auch die Gefahr für einen Bruch, um so geringer wird, je stärker sie gekrümmt sind. Aus demselben Grunde gibt man Scheibenrädern (Laufrädern für Eisenbahnwagen) zweckmässigerweise nicht eine flache, tellerartige Form, sondern wählt ein gebogenes Profil für die Scheibe zwischen Laufkranz und Nabe (Fig. 2), damit sie der ungleichmässigen Schwindung dieser beiden Teile besser zu folgen im stande sei.

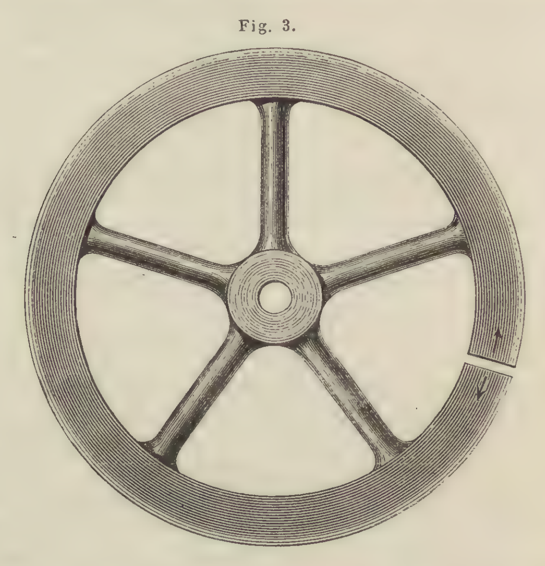
Fig. 2.



Als sehr wirksam erweist sich mitunter eine Teilung der stärkeren, später schwindenden Teile in mehrere einzelne Stücke, sofern die Beschaffenheit des Abgusses eine solche Teilung erlaubt. Giesst man z. B. ein Schwungrad mit starkem vollem Kranze, so wird, da dieser später schwindet als die schwächeren Arme und bei der Schwindung seinen Durchmesser verkleinert, ein Druck in zentraler Richtung gegen die Arme ausgeübt und solcherart Spannung hervorgerufen, wie bereits geschildert wurde. Teilt man aber den Kranz an irgend einer Stelle, indem man in die Gussform ein mit Graphit überzogenes, quer hindurchgehendes Eisenblech einsetzt, so verwandelt man den geschlossenen Ring in einen offenen; statt der Verkleinerung des

Durchmessers bei der Schwindung findet eine Erweiterung des Spalts statt (Fig. 3), und die Arme werden statt auf starke Zusammendrückung nunmehr auf eine geringe Verbiegung innerhalb ihrer gemeinschaftlichen Ebene in Anspruch genommen, welcher sie leichter als jener Folge geben können. Der Spalt lässt sich nach dem Erkalten unschwer durch

Fig. 3.



ein eingesetztes Stück Eisen schliessen. Noch erfolgreicher ist der Guss des Schwungrades in zwei getrennten Hälften, welche später erst zusammengelegt werden. Je grösser der Durchmesser und je grösser demnach auch die Schwindung ist, desto empfehlenswerter ist dieses Mittel.

Auch bei Fenstern oder Gittern mit starken Rahmen kann man durch das nämliche Mittel der Entstehung von Spannungen vorbeugen. Um ein Reissen des Rahmens oder eine Verbiegung der Sprossen aus ihrer Ebene heraus zu verhüten, teilt man den Rahmen an einer oder mehreren geeigneten Stellen und schliesst später den Spalt durch eingesetzte Eisenstückchen [1]).

Nicht selten lassen sich auch mehrere der hier erörterten Mittel zur Verhütung von Spannungen nebeneinander anwenden.

Wie aber die Regelung der Abkühlung eines Abgusses ein bewährtes Mittel bildet, den übeln Einflüssen entgegenzuwirken, welche durch die Abweichungen in den Querschnittsstärken eines und desselben Gussstücks hervorgerufen werden, so kann umgekehrt eine ungleichmässige Abkühlung eines übrigens den Gesetzen der Schwindung ganz entsprechend bemessenen Gussstücks die Ursache zur Entstehung recht bedeutender Spannungen im Abgusse sein. Zugluft, welche einseitig den noch glühenden Abguss trifft, Wassertropfen, welche auf eine Stelle

[1]) Vergl. auch Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, S. 45.

desselben fallen, können, ohne dass die wirkliche Ursache später immer erkennbar ist, Spannung und unter Umständen ein Zerspringen des übrigens fehlerfreien Abgusses hervorrufen.

Je mehr der Abguss seiner Beschaffenheit gemäss zur Entstehung von Spannungen Veranlassung gibt, desto sorgfältiger muss der Giesser auch auf diese Umstände sein Augenmerk gerichtet halten.

6. Das spezifische Gewicht.

Mit der Zunahme der fremden Körper im Eisen verringert sich sein spezifisches Gewicht; ganz besonders aber wird dieses durch einen Graphitgehalt verringert, welcher Umstand zu der beim Erstarren stattfindenden Ausdehnung und der geringeren Schwindung des grauen Roheisens in naher Beziehung steht.

Während man das spezifische Gewicht des reinen Eisens = 7,8 anzunehmen pflegt, beträgt dasjenige des gegossenen schmiedbaren Eisens und des weissen Roheisens ungefähr 7,6, des lichtgrauen Roheisens 7,2, des tiefgrauen 7,0. Die Ziffern lassen sich benutzen, um aus dem räumlichen Inhalte einer Gussform das Gewicht des Abgusses zu berechnen.

Ist die Gestalt des Abgusses nicht eine solche, dass der Rauminhalt sich leicht berechnen lässt, und benutzt man zur Herstellung der Gussform ein Modell (welches nicht etwa, wie viele grosse Modelle, im Innern hohl ist), so kann man aus dem Gewichte des Modells und dem Verhältnisse der spezifischen Gewichte beider Bestandteile mit einiger Annäherung das Gewicht des Abgusses im voraus ermitteln. Besteht das Modell aus Fichten- oder Tannenholz, so hat der Abguss das 16- bis 18fache Gewicht des Modells.

7. Die Festigkeitseigenschaften.

a) Allgemeines.

Neben der eigentlichen Festigkeit oder Bruchspannung, d. h. der Belastung, welche eben erforderlich ist, um einen Körper von bestimmtem Querschnitte bei ruhiger Beanspruchung zum Bruche zu bringen, kommt vornehmlich die Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Stösse und Erschütterungen in Betracht. Ein Körper kann im stande sein, eine sehr beträchtliche ruhige Belastung zu ertragen, und dennoch zertrümmert werden, wenn ein plötzlicher Stoss auf ihn wirkt. Er ist spröde.

Das Gusseisen ist nicht nur weniger fest als schmiedbares Eisen, sondern es besitzt auch ein weit höheres Mass von Sprödigkeit, und besonders dieser letztere Umstand birgt unleugbar eine Gefahr in sich, wenn das Gusseisen für Teile, welchen starken Erschütterungen ausgesetzt sind, Benutzung finden soll. Dass das gegossene schmiedbare Eisen, der sogenannte Stahlguss, von Jahr zu Jahr häufiger an Stelle des Gusseisens benutzt wird, ja dass in gewissen Fällen ersteres das allein verwendbare Material bildet, erklärt sich zur Genüge, abgesehen

von sonstigen Vorzügen des schmiedbaren Eisens, aus seiner weit geringeren Sprödigkeit.

Dennoch zeigen auch verschiedene Gusseisensorten Abweichungen des Masses ihrer Sprödigkeit, und in den Eisengiessereien ist die Wahl eines möglichst wenig spröden Gusseisen für diesen oder jenen Zweck um so mehr geboten, je kräftigeren Erschütterungen der zu fertigende Gegenstand voraussichtlich unterworfen sein wird, und je unheilvoller die Folgen sein würden, wenn durch diese Erschütterungen ein Bruch herbeigeführt würde. Es möge ferner hier an den schon früher besprochenen Umstand erinnert werden, dass jene, bei der Schwindung der Gussgegenstände unter gewissen Verhältnissen entstehenden Spannungen, welche so gefährlich für die Haltbarkeit des Abgusses sind, um so leichter auftreten, je grösser die Sprödigkeit des Gussmaterials ist.

Die der Sprödigkeit entgegengesetzte Eigenschaft pflegt man, obgleich in dem hier besprochenen Sinne nicht ganz genau zutreffend, als Zähigkeit zu bezeichnen. Sie ist von dem Elastizitätsmodul, der Elastizitätsgrenze und dem Abstande zwischen letzterer und Bruchgrenze abhängig. Im allgemeinen ist ein Körper um so zäher, je stärker die Formveränderung ist, welche er vor dem eintretenden Bruche erleidet. Wirkt ein Stoss auf irgend einen Gebrauchsgegenstand, und dieser besteht aus zähem Stoffe, so weicht er an der getroffenen Stelle aus, d. h. erleidet hier eine vorübergehende oder auch bleibende Formveränderung, und die Wirkung des Stosses wird zur Hervorbringung dieser Formveränderung verbraucht; der Bruch wird vermieden. Ist er spröde, so tritt die Formveränderung nicht ein, und an der getroffenen Stelle erfolgt der Bruch.

Das Mass jener vor dem Bruche irgend eines Körpers eintretenden Formveränderung kann deshalb in gewissem Grade auch als Mass seiner Widerstandsfähigkeit gegen Stösse dienen. Die Erfahrung lehrt jedoch, dass zur Erlangung eines sicheren Ausweises über diese Widerstandsfähigkeit, welche man kurz als Schlagfestigkeit bezeichnen kann, auch eine unmittelbare Prüfung durch Schläge von bestimmter Schlagwirkung zweckmässig ist.

b) Einfluss der chemischen Zusammensetzung.

Reines Eisen besitzt ein hohes Mass von Zähigkeit bei mässiger Festigkeit; durch Aufnahme fremder Körper wird in jedem Falle die Zähigkeit rasch verringert, die Festigkeit häufig zunächst gesteigert; übersteigt aber der Gehalt des Eisens an dem betreffenden Fremdkörper ein gewisses, meistens ziemlich niedriges Mass, so sinkt auch die Festigkeit schnell.

Das an Fremdkörpern stets verhältnismässig reiche Gusseisen besitzt daher, wie schon erwähnt wurde, eine niedrigere Festigkeit und bedeutend grössere Sprödigkeit als gegossenes schmiedbares Eisen.

Der Einfluss verschiedener Körper in dieser Beziehung ist jedoch verschieden stark, und jener Gehalt, bei dessen Ueberschreiten sich die Festigkeit wieder verringert, ist verschieden hoch.

Sehr deutlich ist der Einfluss des Kohlenstoffgehalts.

Unter den verschiedenen Formen des Kohlenstoffs, welche uns im Eisen entgegentreten (Seite 16), vermag nur die Härtungskohle einen unmittelbaren Einfluss zu üben, da nur diese mit der Gesamtmenge des Eisens in Legierung sich befindet; je grösser indes der Gehalt an Karbidkohle und Graphit ist, desto niedriger fällt bei gleichem Gesamtkohlenstoffgehalte der Gehalt an Härtungskohle aus. Der Graphit aber, dieser an und für sich mürbe und dem Roheisen als selbständiger Körper eingelagerte Bestandteil, kann, indem er den Zusammenhang der Eisenmasse unterbricht, zunächst nur benachteiligend auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens (Gusseisens) einwirken, und in der That besitzt ein sehr graphitreiches Roheisen weder hohe Festigkeit noch hohe Zähigkeit. Wenn trotzdem graues Roheisen häufig fester und stets weniger spröde als weisses ist, so wird diese Thatsache genügend durch den Umstand erklärt, dass ein grosser Gehalt an Härtungskohle die Festigkeit noch stärker abmindert und die Sprödigkeit mehr erhöht als ein mässiger Graphitgehalt, und dass, wie soeben schon erwähnt wurde, bei der Graphitbildung der Gehalt an Härtungskohle sich verringert.

Leider hat man bei den bisherigen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften von der chemischen Zusammensetzung stets nur den Gehalt an sogenannter gebundener Kohle, also Härtungskohle und Karbidkohle gemeinschaftlich, neben dem Graphitgehalte bestimmt; wir kennen mithin auch nicht denjenigen Gehalt an Härtungskohle, welcher dem Eisen das höchste Mass von Festigkeit verleiht. Im schmiedbaren Eisen, welches eigentlichen Graphit überhaupt nur ausnahmsweise enthalten kann, steigt die Festigkeit mit dem Gesamtkohlenstoffgehalte, bis dieser ungefähr 1 v. H. erreicht; in Roh- oder Gusseisensorten, welche sich durch hohe Festigkeit auszeichnen, pflegt der Gehalt an gebundener Kohle 0,4 bis höchstens 0,7 v. H. zu sein, der Graphitgehalt 3,2 bis 1,8 v. H., der Gesamtkohlenstoffgehalt 3,0 bis 3,5 v.H. Da sowohl ein hoher Gehalt an Härtungskohle als an Graphit schädigend auf die Festigkeit und Zähigkeit einwirkt, erklärt es sich zur Genüge, dass der Gesamtkohlenstoffgehalt der durch Festigkeit und ein geringes Mass von Sprödigkeit ausgezeichneten Gusseisensorten meistens der unteren der beiden Ziffern näher steht als der oberen.

Ein Siliciumgehalt wirkt unmittelbar ähnlich wie Härtungskohle, aber in weit schwächerem Masse: ein mässiger Siliciumgehalt erhöht die Festigkeit, ein hoher verringert sie und erhöht die Sprödigkeit. Siliciumeisen ist wenig fest. Wichtiger aber als diese unmittelbare Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften durch Silicium ist dessen schon mehrfach besprochene Rolle bei der Graphitbildung im Roheisen: siliciumfreies oder allzu siliciumarmes Roheisen würde weiss, spröde und wenig fest sein. Je höher der Gesamtkohlenstoffgehalt und je niedriger der Mangangehalt ist, je langsamer die Abkühlung vor sich geht, und je dicker also der Abguss ist, desto niedriger kann nach früherem der Siliciumgehalt sein, damit graues Roheisen entstehe. Dicke, aus grauem Eisen hergestellte Gegenstände mit sehr hoher Festigkeit und verhältnismässig geringer Sprödigkeit enthalten oft nicht mehr als 0,7 v. H. Silicium; in dünneren Stücken kann der Siliciumgehalt, zumal wenn der

Kohlenstoffgehalt nicht erheblich höher als 3 v. H. ist, 2 bis 2,5 v. H. betragen. Ein niedrigerer Gehalt würde hier eher nachteilig als vorteilhaft sein.

In Gussstücken aus schmiedbarem Eisen findet man zwar Siliciumgehalte bis zu 0,6 v. H. und mitunter noch etwas darüber; je höhere Ansprüche aber an die Zähigkeit des Abgusses gestellt werden, desto wünschenswerter ist ein niedriger Siliciumgehalt.

Mangan erhöht die Sprödigkeit und verringert, sofern sein Gehalt über 1,5 v. H. hinausgeht, die Festigkeit. Ein manganreiches Roheisen ist daher zur Erzeugung haltbarer Gussstücke nicht geeignet, und im schmiedbaren Eisen pflegt man ungefähr 1 v. H. Mangan als den höchsten zulässigen Gehalt zu betrachten. Die meisten Gussstücke aus schmiedbarem Eisen enthalten 0,3 bis 0,8 v. H. Mangan.

Phosphor erhöht die Sprödigkeit und verringert merklich die Festigkeit des Gusseisens, sobald sein Gehalt eine sehr niedrig liegende, genau nicht ermittelte Grenze überschreitet. Keep stellte über diesen Einfluss Versuche an, indem er bei drei Sorten Roheisens mit niedrigem Phosphorgehalte diesen durch Zusatz von Phosphoreisen mehr und mehr anreicherte und dann die Biegungsfestigkeit ermittelte; die hierbei erlangten Festigkeitsziffern — ausgedrückt in Kilogrammen auf 1 qmm Bruchfläche — sind folgende[1]):

Phosphorgehalt	0,08	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	%.
Graues Roheisen, Festigkeit	29,0	31,5	26,2	26,0	18,9	15,4	—	kg.
„ „ „	—	26,2	25,3	24,5	24,4	21,7	18,3	„
Weisses „ „	—	13,6	12,6	13,8	9,7	8,4	—	„

Da auch die Härtungskohle die Sprödigkeit des Eisens steigert, wächst jener nachteilige Einfluss des Phosphors mit dem Gehalte an Härtungskohle; da aber der Gehalt an Härtungskohle um so geringer ausfällt, je höher bei gleichem Gesamtkohlenstoffgehalte sein Graphitgehalt ist, der wiederum durch einen hohen Siliciumgehalt bedingt ist, während ein Mangangehalt in entgegengesetztem Sinne wirksam ist, erklärt es sich, dass siliciumreiches Roheisen gegen die Einflüsse des Phosphorgehalts weniger empfindlich ist, als silicium- und graphitarmes, manganreiches dagegen empfindlicher als manganarmes.

Die Erhöhung der Sprödigkeit des Gusseisens durch einen Phosphorgehalt wird durch Vorkommnisse des Betriebes oder öffentlichen Lebens oft deutlich vor Augen geführt. Eine Massel aus phosphorreichem Roheisen zerspringt unter der Wirkung eines einzigen Hammerschlages von entsprechender Stärke oft in mehrere Stücke, aus phosphorarmem Roheisen bedarf sie mehrerer ebenso kräftiger Schläge zur Durchteilung in zwei Hälften; eine zum Tragen erschütterter Belastungen bestimmte Säule oder ein Träger aus phosphorreichem Gusseisen zerbricht bei der Benutzung, hält aber bei gleichen Abmessungen die Beanspruchung aus, wenn ein phosphorarmes Gusseisen für die Herstellung gewählt wurde; ein zu Spannungen geneigtes Gussstück aus phosphorreichem Roheisen zerspringt mitunter schon bei der Abkühlung in der

[1]) „Stahl und Eisen" 1890, Seite 601: aus den Transactions of the American Institute of Mining Engineers.

Gussform, während es sich als tadellos erweist, wenn man phosphorarmes Roheisen zum Gusse benutzte, u. s. f.

Wenn ein Roheisen daher im allgemeinen um so vorzüglicher für Herstellung von Gegenständen ist, von welchen grosse Haltbarkeit verlangt wird, je niedriger sein Phosphorgehalt ist, so pflegt man doch, zumal in manganarmem Gusseisen mit 2 bis 2,5 v. H. Silicium, einen Phosphorgehalt von 1 v. H. nicht als besonders schädlich zu betrachten, sofern die betreffenden Gegenstände nicht etwa heftigen Erschütterungen unterworfen sind, und für gewöhnlichen Guss, an dessen Festigkeitseigenschaften keine hohen Ansprüche gestellt werden, verwendet man nicht selten Roheisen mit einem Phosphorgehalte bis zu 1,5 v. H. ohne erheblichen Nachteil. Wo aber durch den Bruch eines auf Stossfestigkeit beanspruchten Gussstücks Unglücksfälle herbeigeführt werden können, sollte man vorsichtigerweise ein Roheisen mit nicht mehr als 0,4 v. H. Phosphor für den Guss wählen.

Nicht minder deutlich als beim Gusseisen zeigt sich der schädliche Einfluss des Phosphorgehalts beim schmiedbaren Eisen; da man jedoch an dessen mechanisches Verhalten weit höhere Ansprüche als beim Gusseisen zu stellen berechtigt ist, beziffert sich der überhaupt zulässige Phosphorgehalt im schmiedbaren Eisen erheblich niedriger als in letzterem. Im übrigen ist auch im schmiedbaren Eisen das Mass jenes Einflusses eines Phosphorgehalts von dem Gehalte an anderen Körpern abhängig. Ein Gehalt an Mangan und Härtungskohle steigert den Einfluss; der Gehalt an Härtungskohle aber wächst im schmiedbaren Eisen im geraden Verhältnisse mit dem Gesamtkohlenstoffgehalte. Daher ist das kohlenstoffreichere schmiedbare Eisen empfindlicher gegen den Einfluss des Phosphorgehalts als kohlenstoffärmeres. Ein höherer Phosphorgehalt als 0,1 v. H. schädigt in jedem Falle deutlich das Verhalten auch des kohlenstoffärmeren schmiedbaren Eisens und wird deshalb ungern gesehen.

Schwefel tritt meistens in so geringen Mengen auf, dass seine Anwesenheit keine merkliche Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften des Eisens ausübt. Da ein grösserer Schwefelgehalt (0,15 v. H. oder mehr) im grauen Roheisen die Graphitausscheidung behindert (Seite 15), also die Entstehung eines zum Weisswerden geneigten Eisens befördert, kann er hierdurch ungünstig auf die Haltbarkeit der Gusstücke einwirken, und je schwächer deren Querschnitte sind, je rascher also die Erstarrung vor sich geht, desto deutlicher wird dieser Einfluss zu Tage treten. Dennoch hat man in gusseisernen Gegenständen, welche durch hohe Zähigkeit ausgezeichnet waren, mitunter einen ziemlich reichlichen Schwefelgehalt gefunden, sofern der Mangan- und Phosphorgehalt niedrig, der Gesamtkohlenstoffgehalt nicht sehr hoch war. Ein von mir untersuchtes, durch hohe Zähigkeit ausgezeichnetes, lichtgraues Holzkohlenroheisen von Finspong in Schweden enthielt 0,15 v. H. Schwefel, daneben nur 2,70 v. H. Kohlenstoff, 0,63 v. H. Silicium, 0,32 v. H. Mangan und nur eine Spur Phosphor.

Auch von den übrigen zufälligen Begleitern des Eisens — Arsen, Antimon, Kupfer, Chrom, Titan, Vanadin und anderen — gilt im wesentlichen das gleiche wie vom Schwefel: sie treten meistens in zu geringen Mengen auf, als dass der einzelne einen merkbaren Einfluss auszuüben

vermöchte. Kommen aber zahlreiche solche Körper nebeneinander vor, so kann durch ihr Zusammenwirken wohl ein Einfluss geübt werden; das Eisen wird spröder und verliert auch nicht selten an Festigkeit. Je geringer daher der Gehalt des Eisens an allen jenen Körpern ist, desto besser bewährt es sich im allgemeinen. Da nun bei der Erzeugung des Roheisens eine hohe Temperatur die Aufnahme mancher jener Fremdkörper befördert, so erklärt es sich, dass Holzkohlenroheisen, welches in niedrigerer Temperatur erblasen wird, hinsichtlich seines Verhaltens bei Beanspruchung auf Festigkeit durchschnittlich dem mit mineralischen Brennstoffen in höherer Temperatur gewonnenen Roheisen voransteht; ferner auch, dass man im stande ist, aus manganarmem weissem Roheisen, welches ebenfalls in niedrigerer Temperatur des Hochofens als graues Roheisen erfolgt, Gusseisen von besonders hoher Festigkeit neben geringerer Sprödigkeit darzustellen, wenn man es durch Zusatz einer entsprechenden Menge Siliciumeisens in graues Roheisen umwandelt [1]).

c) Einfluss der Beschaffenheit des Gefüges.

Neben der chemischen Zusammensetzung übt die Beschaffenheit des Gefüges einen gewissen Einfluss auf das Mass der Festiskeitseigenschaften des Eisens aus. Zum Teile ist das Gefüge zwar von der chemischen Zusammensetzung, zum andern Teile aber auch von den Abkühlungsverhältnissen abhängig; in der That können zwei Gussstücke von annähernd gleicher chemischer Zusammensetzung doch ein ziemlich verschiedenes Gefüge und verschiedene Festigkeitseigenschaften besitzen.

Grosse Absonderungsflächen verringern bei allen Körpern und somit auch beim Eisen die Festigkeit wie die Zähigkeit; daher ist Eisen mit grobkörniger Bruchfläche im allgemeinen weniger fest und auch Stössen gegenüber weniger widerstandsfähig als feinkörniges.

Langsame Abkühlung befördert beim Gusseisen die Entstehung eines grobkörnigen, rasche Abkühlung die Entstehung eines feinkörnigeren Gefüges. Letztere ist daher für die Entstehung von Gussstücken mit grosser Festigkeit in denjenigen Fällen günstig, wo das verwendete Roheisen seiner chemischen Zusammensetzung (seinem Kohlenstoff- und Siliciumgehalte) gemäss leicht ein grobkörniges Gefüge erhält. Anderenteils darf man nicht ausser Betracht lassen, dass im Roheisen (Gusseisen) ein mässiger Graphitgehalt notwendig für dessen Haltbarkeit ist, und dass dieser Graphitgehalt teilweise von den Abkühlungsverhältnissen abhängt. Wird durch beschleunigte Abkühlung der Graphitgehalt unter jenes erforderliche Mass abgemindert und der Gehalt an Härtungskohle entsprechend gesteigert, so büsst das Eisen an Festigkeit ein. Während ein an Kohlenstoff und Silicium reiches, deshalb zu reichlicher Graphitausscheidung neigendes Roheisen sich besser in dünneren als in dickeren Querschnitten bewährt, kann umgekehrt sogar eine künstlich verzögerte Abkühlung nützlich sein, wenn das Eisen seiner chemischen Zusammen-

---

[1]) Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium. Berlin 1890.

setzung gemäss zum Weisswerden geneigt ist. In diesem Falle entsteht auch bei sehr langsamer Abkühlung ein ziemlich feinkörniges Gefüge [1]).

Aehnlich wie dieses kohlenstoff- und siliciumarme Roheisen verhält sich gegossenes schmiedbares Eisen. Bei plötzlicher Erstarrung, z. B. beim Eingiessen in Gusseisenformen, entsteht ein ungleichartiges, an den rascher erkalteten Teilen mitunter breitblätteriges Gefüge; bei langsamer Abkühlung wird es gleichartig körnig. Letzteres Gefüge bedingt ein höheres Mass von Festigkeit und Zähigkeit.

d) Einfluss des Ausglühens, Ablöschens und Anlassens.

Ein Ausglühen der gegossenen Gegenstände beeinflusst in doppelter Weise ihre Festigkeitseigenschaften: durch Aenderung der Kohlenstoffformen und durch Aenderung des Gefüges.

Härtungskohle geht beim Ausglühen mit darauf folgender langsamer Abkühlung in Karbidkohle, diese bei lange fortgesetztem Ausglühen in Temperkohle über, eine Kohlenstoffform, welche dem Graphit sich ähnlich verhält, wie dieser innerhalb des Gefüges als selbständiger Körper, dem Auge erkennbar, abgelagert ist, aber in feinerer Verteilung als der Graphit zugegen ist und sich auch in ihrem chemischen Verhalten etwas von diesem unterscheidet [2]). Die Folge davon ist eine Abminderung der Sprödigkeit des Eisens. Diese chemische Beeinflussung ist besonders deutlich beim Roheisen bemerkbar, wenn dieses reich an Härtungskohle ist. Weisses Roheisen lässt sich, sofern es nicht reich an Mangan ist, durch anhaltendes Glühen in einer Temperatur, welche bei ungefähr 800 ° C. liegt [3]), in ein dem grauen Roheisen sowohl in seinem Aussehen, als seinem mechanischen Verhalten ähnliches Erzeugnis umwandeln.

Wichtiger als beim Roheisen sind die Einflüsse des Ausglühens beim gegossenen schmiedbaren Eisen. Hier ist es weniger die Aenderung der Kohlenstoffformen als die Aenderung des Gefüges, welche eine Aenderung der Festigkeitseigenschaften beim Ausglühen zur Folge hat. Das Gefüge des gegossenen Metalls ist nie ganz gleichmässig; äusserlich, wo die Abkühlung rascher von statten ging, zeigt es eine andere Beschaffenheit als in den langsamer abkühlenden inneren Teilen. Hierdurch wird die Festigkeit und auch die Zähigkeit geschädigt. Durch Ausglühen, dessen Zeitdauer von der Dicke des betreffenden Gegenstandes abhängen muss und mehrere Tage beanspruchen kann, erhält das Gussstück ein gleichmässig feinkörniges Gefüge, seine Festigkeit und Zähigkeit werden erhöht. So z. B. betrug die Zugfestigkeit und Längenausdehnung gegossener Gegenstände aus schmiedbarem Eisen auf 1 qmm Querschnitt [4]):

---

[1]) Versuche über den Einfluss langsamer und rascher Abkühlung: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1899, Seite 857 (Bach).

[2]) Näheres über Temperkohle: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 300.

[3]) „Stahl und Eisen" 1897, Seite 629 (Royston).

[4]) Iron, Band 16 (1880), Seite 487. Der Name des Verfassers ist nicht genannt.

	Festigkeit kg	Ausdehnung v. H.	Festigkeit kg	Ausdehnung v. H.	Festigkeit kg	Ausdehnung v. H.	Festigkeit kg	Ausdehnung v. H.	Festigkeit kg	Ausdehnung v. H.
Vor dem Glühen	60,0	4,0	49,0	4,2	34,0	1,0	67,1	2,0	54,0	1,6
Nach „ „	70,5	8,0	56,9	14,6	44,0	13,0	66,5	12,0	72,3	7,2

Durch Ablöschen eines über 700° C. hinaus erhitzten Gegenstandes aus schmiedbarem Eisen in Wasser oder Oel wird seine Festigkeit gesteigert, seine Zähigkeit verringert; er wird spröde. Beim Erwärmen eines abgelöschten Eisenstücks beginnen aber schon bei wenig über 200° die Eigenschaften sich in dem entgegengesetzten Sinne wieder zu ändern: die Sprödigkeit verringert sich, auch die Festigkeit nimmt wieder ab. Diese Vorgänge sind in erster Reihe durch die Aenderung der Kohlenstoffformen bedingt; beim Härten hinterbleibt, wie früher erwähnt, ein grösserer Teil des Kohlenstoffgehalts als Härtungskohle, beim Anlassen geht er allmählich in Karbidkohle über. Erwägt man nun, dass durch das Ausglühen gegossener Gegenstände aus schmiedbarem Eisen an und für sich schon eine Verbesserung ihrer Festigkeitseigenschaften erreichbar ist; dass durch ein darauf folgendes Härten ihre Festigkeit fernerhin gesteigert werden kann, während ein an das Härten sich anschliessendes Anlassen die dabei gesteigerte Sprödigkeit mildert, so erhält man die Erklärung der Wichtigkeit, welche diese Behandlung der Gusswaren aus schmiedbarem Eisen für ihr Verhalten besitzt. Man ist dadurch befähigt, ihre Festigkeitseigenschaften innerhalb ziemlich weiter Grenzen zu regeln und sie dem jedesmaligen Zwecke anzupassen. Nachfolgende Beispiele[1]) mögen die Veränderungen vor Augen führen, welche dadurch erreichbar sind.

	Zusammensetzung			Elastizitätsgrenze auf 1 qmm	Zugfestigkeit auf 1 qmm	Längenausdehnung
	Kohlenstoff	Silicium	Mangan	kg	kg	%
Rohes Gussstück	0,26	0,26	0,41	18,2	47,3	13,5
Geglüht und langsam erkaltet . . .	„	„	„	31,3	47,9	27,5
In Rotglut abgelöscht u. dann angelassen	„	„	„	31,2	55,8	20,3
Rohes Gussstück	0,32	0,30	0,48	18,1	56,8	14,8
Geglüht und langsam erkaltet . . .	„	„	„	20,2	54,2	21,5
In Rotglut abgelöscht u. dann angelassen	„	„	„	35,5	67,7	11,0
Rohes Gussstück	0,42	0,27	0,75	32,1	60,2	2,7
Geglüht und langsam erkaltet . . .	„	„	„	35,8	73,9	13,0
In Rotglut abgelöscht u. dann angelassen	„	„	„	37,8	76,0	11,7

[1]) Metallurgical Review, Band 2, Seite 220 (Holley).

	Zusammensetzung			Elastizitätsgrenze auf 1 qmm	Zugfestigkeit auf 1 qmm	Längenausdehnung
	Kohlenstoff	Silicium	Mangan	kg	kg	%
Rohes Gussstück	0,45	0,35	1,10	30,8	59,8	2,8
Geglüht und langsam erkaltet . . .	"	"	"	34,0	74,0	17,5
In Rotglut abgelöscht u. dann angelassen	"	"	"	45,0	85,0	8,0
Rohes Gussstück	0,55	0,40	1,05	25,3	58,0	4,0
Geglüht und langsam erkaltet . . .	"	"	"	25,3	73,0	9,8
In Rotglut abgelöscht u. dann angelassen	"	"	"	28,8	77,2	6,5
Rohes Gussstück	0,63	0,55	0,95	27,8	54,1	1,6
Geglüht und langsam erkaltet . . .	"	"	"	33,0	75,7	7,2
In Rotglut abgelöscht u. dann angelassen	"	"	"	46,0	113,7	0,8

Der Einfluss des Anlassens wächst mit der Höhe der angewendeten Temparatur und der Zeitdauer der Erwärmung. Da nun durch Ablöschen eine Wirkung überhaupt nur erzielt werden kann, wenn die Temperatur dabei mindestens 700° C. beträgt, kann man beim Anlassen, ohne eine erneute Härtung fürchten zu müssen, die erwärmten Gegenstände abermals in Wasser ablöschen, sobald die zur Erreichung des Zwecks erforderliche Temperatur erreicht ist, um eine zu weitgehende Wirkung des Anlassens zu vermeiden [1]. In Frankreich nennt man diese Behandlung durch zweimaliges Ablöschen doppelte Härtung (double trempe) [2].

c) Einfluss der Oberflächenbearbeitung.

Bearbeitete Gusseisengegenstände, d. h. solche, deren Gusshaut [3] man durch Bearbeitung mit der Feile oder auf Werkzeugmaschinen entfernt hat, besitzen grössere Festigkeit, bezogen auf die Flächeneinheit des beanspruchten Querschnitts, als unbearbeitete. Nach Versuchen von Johnson wird die Zugfestigkeit des Gusseisens durch Bearbeitung um 25 v. H. ihres ursprünglichen Betrages gesteigert [4]; nach Ermittelungen von C. Bach nimmt die Biegungsfestigkeit um 11 bis 20 v. H., durchschnittlich also um 15 v. H. zu [5].

Die Erklärung dieser Erscheinung ist in verschiedenen Umständen zu suchen.

---

[1]) Bekanntlich verfährt man bei Härten und Anlassen von Werkzeugen in der gleichen Weise.

[2]) Näheres über diese Verfahren: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 715. „Stahl und Eisen“ 1896, Seite 200; 1897, Seite 49.

[3]) Gusshaut nennt man die äussere, zum Teil aus oxydischen Bildungen bestehende Kruste der Gussstücke.

[4]) Transactions of the American Society of Civil Engineers, Band 12, Seite 91; daraus in „Stahl und Eisen“ 1890, Seite 603.

[5]) Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1889, Seite 140.

Die Gusshaut besteht zum Teil, wie erwähnt, aus oxydischen Körpern, welche eine geringere Festigkeit als das reine Metall besitzen, dicht unter der Oberfläche aber finden sich nicht selten Anhäufungen von Gasbläschen, Garschaum oder sonstigen fremden Körpern, welche ebenfalls die Festigkeit abmindern. Sodann kommt in Betracht, dass die äussere, rascher abgekühlte und deshalb an Härtungskohle reichere Kruste starrer, spröder, weniger nachgiebig ist als die inneren Teile. Die Belastung verteilt sich daher nicht gleichmässig auf den ganzen Querschnitt, sondern wirkt zunächst vorzugsweise auf die äusseren Teile; hier beginnt der Bruch, und die inneren Teile folgen dann nach. Auch Spannungen, welche durch die ungleichzeitige Abkühlung der äusseren und inneren Teile entstehen und durch die Entfernung der Kruste beseitigt werden, können dazu mitwirken, die Festigkeit der unbearbeiteten Gussstücke abzumindern.

Auf die nämlichen oder ähnlichen Ursachen lässt sich auch die zuerst von Outerbridge gemachte und später anderweitig bestätigte Beobachtung zurückführen, dass durch anhaltende Erschütterungen, z. B. in einer Scheuertrommel, die Festigkeit des Gusseisens gesteigert werden kann [1]).

Ueber den Einfluss der Gusshaut bei Gussstücken aus schmiedbarem Eisen liegen keine Ermittelungen vor. Das regelmässig stattfindende Ausglühen dieser Gegenstände hebt jedenfalls jene beim Gusseisen bemerkbaren Unterschiede im Verhalten bearbeiteter und unbearbeiteter Abgüsse zum grössten Teile oder ganz auf.

Inwiefern auch durch die Querschnittsform der beanspruchten Gussstücke deren Festigkeit beeinflusst werden kann, wird unten Erwähnung finden.

f) Zugfestigkeit.

a) Des Gusseisens.

Die Bruchbelastung bei der Beanspruchung des Gusseisens durch Zugkräfte kann unter günstigen Verhältnissen 24 kg auf 1 qmm (im bearbeiteten Zustande) betragen und unter ungünstigen Verhältnissen auf weniger als 8 kg sinken.

Nach den Vereinbarungen deutscher Eisenhüttenleute [2]) und nach den vom Verbande deutscher Architekten- und Ingenieurvereine aufgestellten Normalbedingungen [3]) soll die Zugfestigkeit unbearbeiteter Gusseisenstäbe, wenn das Gusseisen zur Verwendung für bauliche Zwecke bestimmt ist, mindestens 12 kg auf 1 qmm betragen, was einer Festigkeit im bearbeiteten Zustande von etwa 15 kg entsprechen würde.

Die Verlängerung, welche das Gusseisen bei der in Rede stehenden Beanspruchung erfährt, ist unbedeutend. Bei Versuchen von Hodgkinson, welche, um die eintretende Verlängerung besser messbar zu machen, mit Stäben von 15,24 m Länge und 685 qmm Querschnitt angestellt

---

[1]) „Stahl und Eisen" 1896, Seite 435; 1898, Seite 212.

[2]) „Stahl und Eisen" 1889, Seite 362.

[3]) Mitteilungen des Verbands deutscher Architekten- und Ingenieurvereine 1886, Nr. 4.

wurden, deren Bruchfestigkeit 10,3 bis 11,5 kg auf 1 qmm betrug, ergaben sich Längenausdehnungen von $\frac{1}{741}$ bis $\frac{1}{514}$ der ursprünglichen Länge[1]). Wendet man kürzere Versuchsstücke an, so ergibt sich ein etwas grösseres Verhältnis der eintretenden Ausdehnung zu der Gesamtlänge; Johnson schlägt bei Versuchsstäben von 381 mm (15 Zoll englisch) Länge als geringste zulässige Ausdehnung, wenn das Gusseisen für Bauzwecke benutzt werden soll, 0,4 v. H. ($\frac{1}{250}$) der ursprünglichen Länge vor.

Bei allen über die Zugfestigkeit des Gusseisens angestellten Versuchen zeigte sich, dass dieses weder eine Elastizitäts- noch Proportionalitätsgrenze besitzt: ein Teil jeder eintretenden messbaren Verlängerung ist bleibend, und der Elastizitätsmodul nimmt bei wachsender Belastung stetig ab.

Hohe Ziffern der Zugfestigkeit erhielt man bei Jüngsts schon mehrfach erwähnten Versuchen durch Zusatz von Siliciumeisen zu siliciumärmeren Eisensorten und Umschmelzen im Kupolofen; z. B. 20 Teile Siliciumeisens (mit 5,32 v. H. Silicium) und 80 Teile weissen manganarmen Holzkohleneisens, nach dem Schmelzen 2,89 v. H. Graphit, 3,43 v. H. Gesamtkohlenstoff, 1,46 v. H. Silicium, 0,75 v. H. Mangan, 0,93 v. H. Phosphor, 0,16 v. H. Schwefel enthaltend, Festigkeit (bearbeitet) 24 kg; oder 5,4 Teile Siliciumeisens (10,4 v. H. Silicium) mit 34,6 Teilen grauen Koksroheisens und 60 Teilen weissen manganarmen Holzkohlenroheisens, nach dem Schmelzen 2,47 v. H. Graphit, 3,11 v. H. Gesamtkohlenstoff, 1,55 v. H. Silicium, 0,79 v. H. Mangan, 0,70 v. H. Phosphor, 0,11 v. H. Schwefel enthaltend, Festigkeit (bearbeitet) 21,25 kg, u. a. m. Auch durch Zusatz von Stahl zu grauem Roheisen beim Umschmelzen lassen sich Eisensorten von sehr hoher Festigkeit hervorbringen.

Niedrige Festigkeitsziffern ergeben sich stets bei sehr grobkörnigem Gusseisen; auch ein Mangangehalt von mehr als 1,5 v. H. mindert nach allen vorliegenden Ergebnissen die Zugfestigkeit merklich ab[2]).

b) Zugfestigkeit der Gussstücke aus schmiedbarem Eisen.

Durch Wahl einer bestimmten chemischen Zusammensetzung lässt sich diese Festigkeit innerhalb weiter Grenzen regeln. Mit dem Kohlenstoffgehalte wächst die Zugfestigkeit, bis dieser etwa 1 v. H. oder wenig darüber beträgt; auch ein mässiger Mangangehalt (bis 1 v. H.) steigert die Festigkeit, obschon weniger kräftig als Kohlenstoff. Noch undeutlicher ist der Einfluss eines Siliciumgehaltes.

Mit der Festigkeit aber wächst regelmässig die Sprödigkeit; in den meisten Fällen findet man es daher vorteilhafter, ein an Kohlenstoff und

[1]) Annales des mines, série IV, tome XX, Seite 456.

[2]) Beispiele von Prüfungsergebnissen findet der Leser in Jüngsts genannter Schrift, Seite 47; ferner in Wachler, Vergleichende Qualitätsuntersuchungen rheinisch-westfälischen und ausländischen Giessereiroheisens, Berlin 1879, Seite 66; A. v. Kerpely, Ungarns Eisenhüttenerzeugnisse, Wien 1877, Seite 74; A. Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, Leipzig 1891, Seite 56.

Mangan ärmeres, weniger festes, aber dafür gegen Erschütterungen widerstandsfähigeres Eisen zu wählen, als umgekehrt.

Ein gefährlicher Feind der Festigkeit und insbesondere der Zähigkeit ist der Phosphor; in allen Fällen sucht man einen höheren Gehalt dieses Körpers als 0,1 v. H. in Gussstücken aus schmiedbarem Eisen zu vermeiden.

Gussstücke mit etwa 1 v. H. Kohlenstoff, 0,3 v. H. Silicium, 0,8 bis 1. v. H. Mangan können im ausgeglühten Zustande eine Zugfestigkeit von 60 bis 70 kg auf 1 qmm erreichen; aber ihre Längenausdehnung ist stets unbedeutend und geht kaum über 4 v. H. (auf 200 mm ursprüngliche Länge bezogen) hinaus. Bei 0,1 v. H. Kohlenstoff, 0,2 bis 0,3 v. H. Silicium, 0,5 bis 0,6 v. H. Mangan beträgt dagegen die Festigkeit nur 40 bis 50 kg; aber das Eisen besitzt eine bedeutende Zähigkeit und eignet sich aus diesem Grunde besser für zahlreiche Verwendungen als jenes festere, aber auch weit sprödere Metall. Probestäbe, aus diesem kohlenstoffärmeren Eisen gegossen, zeigen bei der Festigkeitsprüfung Längenausdehnungen von 20 bis 35 v. H. auf 200 mm ursprüngliche Länge[1]).

g) Druckfestigkeit.

Bei allen auf Druckfestigkeit geprüften Körpern ergeben sich verschiedene Werte, wenn das Verhältnis der Höhe zum Durchmesser sich ändert. Je grösser die Höhe bei gleichem Durchmesser ist, desto niedriger fällt die Druckfestigkeit aus[2]). Demgemäss schwanken die bei Prüfung des Gusseisens auf Druckfestigkeit erlangten Ergebnisse zwischen 30 bis 125 kg auf 1 qmm; als Mittelwert kann man 70 kg rechnen[3]).

Ueber die Druckfestigkeit des gegossenen schmiedbaren Eisens liegen noch wenige Versuchsergebnisse vor. Wie die Zugfestigkeit, steigt und fällt sie mit dem Kohlenstoffgehalte; aber in gleichem Masse wächst die Sprödigkeit. Bei sehr kohlenstoffarmem Eisen ist eine Ermittelung der eigentlichen Festigkeit gar nicht möglich; es ändert bei gesteigertem Drucke unausgesetzt seine Form (beginnt zu „fliessen") und hat demgemäss seine Tragfähigkeit verloren, ohne dass ein eigentlicher Bruch entsteht. Bei geschmiedetem oder gewalztem Eisen fand man Ziffern der Druckfestigeit zwischen 33 bis 211 kg auf 1 qmm[4]); ähnliche Werte dürften sich auch bei gegossenem und gut ausgeglühtem schmiedbarem Eisen ergeben. Durchschnittlich ist die Tragfähigkeit des schmiedbaren Eisens bei der Beanspruchung durch Druckkräfte nicht wesentlich grösser als die des Gusseisens; aber seine Zähigkeit ist erheblich bedeutender.

---

[1]) Beispiele: „Stahl und Eisen" 1891, Seite 458; auch oben Seite 60.

[2]) Versuche hierüber: Annales des mines, série IV, tome XX, Seite 446; „Stahl und Eisen" 1890, Seite 604.

[3]) Beispiele: Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, Seite 55.

[4]) Näheres hierüber: A. Ledebur, Eisen und Stahl in ihrer Anwendung für bauliche und gewerbliche Zwecke, Berlin 1890, Seite 83.

h) Biegungsfestigkeit.

Auch hinsichtlich dieser liegen umfassende Untersuchungen nur beim Gusseisen vor. Schmiedbares Eisen besitzt eine um so grössere Biegungsfähigkeit, d. h. es erträgt um so stärkere Biegungen, ohne Bruch zu erleiden, je niedriger sein Gehalt an Fremdkörpern, insbesondere an Kohlenstoff, und je dünner der beanspruchte Querschnitt ist. Versuchsstäbe, aus weichem Eisen gegossen und gut ausgeglüht, 25 mm im Quadrat stark, lassen sich mitunter um 180° biegen, ohne Bruch zu erleiden; sie besitzen demnach ein hohes Mass von Zähigkeit, aber man müsste Gegenstände von weit stärkeren Abmessungen dem Versuche unterwerfen, wenn man Ziffern für die Biegungsfestigkeit erlangen wollte. Letztere wächst mit dem Kohlenstoffgehalte; bei geschmiedeten Rundstäben mit 0,12 v. H. Kohlenstoff fand man eine Biegungsfestigkeit von 78,6 kg auf 1 qmm, bei solchen mit 1 v. H. Kohlenstoff eine Biegungsfestigkeit von 116,0 kg[1]). Aehnliche Ziffern würde man bei gegossenem und gut ausgeglühtem schmiedbarem Eisen erhalten.

Die Biegungsfähigkeit des Gusseisens ist, ausser von den unter a bis e besprochenen Umständen auch von der Querschnittsform des beanspruchten Gussstücks abhängig. Bei Versuchen, welche C. Bach über den Einfluss der Querschnittsform anstellte[2]), ergaben sich bei demselben Gusseisen unter Berücksichtigung der Trägheitsmomente der Querschnittsflächen nachstehende Festigkeitsziffern (Bruchspannungen) in Kilogrammen auf 1 qmm:

Querschnitt	I	□	▭ ▯	○	⊢⊣	◇
Festigkeit	19,79	23,72	23,95	29,05	29,29	32,18 kg.

Auch zeigte sich, dass die Länge der geprüften Stücke nicht ohne Bedeutung ist. Kürzere Versuchsstücke ergeben fast stets grössere Bruchspannungen als längere.

Nach den schon erwähnten Vereinbarungen deutscher Eisenhüttenleute und dem vom Verbande deutscher Architekten- und Ingenieurvereine aufgestellten Normalbedingungen soll ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 30 mm Seite, in 1 m Abstand frei aufliegend, eine allmählich bis auf 450 kg gesteigerte Belastung in der Mitte aufnehmen können, bis er zerbricht.

Diese Bruchbelastung würde einer Biegungsfestigkeit (Bruchspannung) von 25 kg auf 1 qmm entsprechen.

Bei Prüfung bearbeiteter Stäbe von denselben Abmessungen würde demnach, gemäss den früher gegebenen Mitteilungen über den Einfluss der Bearbeitung, eine Bruchbelastung von etwa 520 kg, entsprechend einer Bruchspannung auf den qmm von etwa 29 kg, aufgenommen werden können.

---

[1]) A. v. Kerpely, Eisen und Stahl auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1878, Seite 164.

[2]) Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1888, Seite 193, 221, 1090.

Ueber die Einbiegung vor dem Bruche, welche die Versuchsstücke ertragen sollen, ist in den betreffenden Vorschriften keine Bestimmung gegeben. Erfahrungsmässig ertragen unbearbeitete Stäbe aus gutem, d. i. nicht allzu sprödem, Gusseisen in den angegebenen Abmessungen Einbiegungen in der Mitte von 15 bis 20 mm. Sprödes Gusseisen dagegen bricht mitunter, selbst wenn es eine noch höhere Belastung ertragen sollte, ohne irgend eine grössere Einbiegung als 3 bis 4 mm zu erleiden; sehr zähes Gusseisen biegt sich um 26 mm und mitunter noch etwas darüber [1]).

Eine kleine bleibende Formveränderung lässt sich auch bei geringen Beanspruchungen wahrnehmen, und der Elastizitätsmodul nimmt mit wachsender Spannung ab. Das Gusseisen besitzt auch bei der Beanspruchung auf Biegung weder eine Elastizitäts- noch eine Proportionalitätsgrenze.

Im übrigen zeigt sich meistens, dass entsprechend den Gesetzen der Festigkeitslehre die durch hohe Zug- und Druckfestigkeit ausgezeichneten Gusseisensorten auch bei der Beanspruchung auf Biegung sich gut bewähren, und umgekehrt. Weder übermässig graphitreiche, grobkörnige, noch allzu graphitarme Gusseisensorten besitzen ein hohes Mass von Biegungsfestigkeit; die sehr graphitarmen pflegen wegen ihres grösseren Gehalts an Härtungskohle ausserdem spröde zu sein, d. h. nur geringe Einbiegungen zu ertragen.

Zahlreiche Versuche auch über die Biegungsfestigkeit verschiedener Gusseisensorten wurden von Jüngst angestellt [2]). Er prüfte unbearbeitete Gusseisenstäbe von quadratischem Querschnitte und 30 mm Stärke bei 1 m freier Auflage. Einige Beispiele aus den erlangten Ergebnissen mögen hier folgen.

	Bruchspannung kg	Einbiegung mm
Siliciumeisen ohne Zusatz geschmolzen, mit 9,50 v. H. Silicium, 1,97 v. H. Kohle (als Graphit)	13,25	7,9
Weisses Koksroheisen, ohne Zusatz geschmolzen, mit 3,61 v. H. Gesamtkohle (ohne Graphit), 3,23 v. H. Mangan, 0,99 v. H. Silicium, 0,67 v. H. Phosphor	14,18	4
Weisses Holzkohlenroheisen, ohne Zusatz geschmolzen, mit 0,15 v. H. Graphit, 2,92 v. H. Gesamtkohle, 0,67 v. H. Silicium, 0,35 v. H. Mangan, 0,98 v. H. Phosphor	24,79	7,9
Tiefgraues Koksroheisen, ohne Zusatz geschmolzen, mit 2,11 v. H. Graphit, 3,02 v. H. Gesamtkohle, 2,52 v. H. Silicium, 1,10 v. H. Mangan, 0,26 v. H. Phosphor	21,45	20,2
70 Teile grauen oberschlesischen Koksroheisens mit 30 Teilen Brand- und Bruckeisens geschmolzen, mit 2,69 v. H. Graphit, 3,63 v. H. Gesamtkohle, 2,31 v. H. Silicium, 1,35 v. H. Mangan, 0,31 v. H. Phosphor	25,06	18,5

[1]) Wie diese Ziffern mit den Abmessungen der Versuchsstücke sich ändern, lehrt jedes Lehrbuch der Mechanik oder Festigkeitslehre.

[2]) Sie sind in dessen mehrfach genannter Abhandlung ausführlich mitgeteilt.

	Bruchspannung kg	Einbiegung mm
20 Teile grauen schottischen Roheisens mit 80 Teilen Bruch und Brandeisens geschmolzen, mit 2,64 v. H. Graphit, 3,17 v. H. Gesamtkohle, 1,88 v. H. Silicium, 0,95 v. H. Mangan, 0,57 v. H. Phosphor	30,14	17,9
34 Teile grauen schottischen Roheisens mit 66 Teilen vorzüglichen Brucheisens geschmolzen, mit 2,62 v. H. Graphit, 3,23 v. H. Gesamtkohlenstoff, 1,81 v. H. Silicium, 0,52 v. H. Mangan, 0,64 v. H. Phosphor	31,77	18,9
20 Teile Siliciumeisens ($10^3/_8$ v. H. Silicium) mit 80 Teilen weissen manganarmen Holzkohlenroheisens geschmolzen, mit 2,22 v. H. Graphit, 2,71 v. H. Gesamtkohlenstoff, 2,24 v. H. Silicium, 0,45 v. H. Mangan, 0,93 v. H. Phosphor	34,38	17,8
5 Teile Siliciumeisens ($10^3/_8$ v. H. Silicium) mit 95 Teilen Bruch- und Brandeisens geschmolzen; mit 2,33 v. H. Graphit, 2,94 v. H. Gesamtkohlenstoff, 1,81 v. H. Silicium, 0,04 v. H. Mangan, 0,64 v. H. Phosphor	38,45	20,8

Das übrigens bei ziemlich abweichendem Gehalte an Kohlenstoff und Silicium annähernd gleich günstige Festigkeitsziffern sich ergeben können, zeigt auch die nachstehende, derselben Versuchsreihe wie die soeben erwähnten Ergebnisse entnommene Zusammenstellung:

Bruchspannung auf 1 qmm	37,26	34,38	37,97	38,06	kg
Einbiegung	17,4	17,8	22,0	17,5	mm
Graphit	2,89	2,22	1,59	2,12	v. H.
Gesamtkohlenstoff	3,43	2,71	2,28	2,72	" "
Silicium	1,46	2,24	3,07	1,77	" "
Mangan	0,75	0,45	0,22	0,05	" "
Phosphor	0,93	0,93	0,64	0,12	" "

8. Die Härte.

Reines (kohlenstofffreies) Eisen ist verhältnismässig weich, d. h. es lässt sich mit Leichtigkeit mit der Feile, dem Meissel u. s. w. bearbeiten; Kohlenstoff, in der Form der Härtungskohle, also gleichmässig mit dem Eisen legiert, erhöht beträchtlich dessen Härtegrad, und Eisen, mit nur 0,8 v. H. Härtungskohle wird von keiner Feile mehr angegriffen. Ist Karbidkohle zugegen, so befindet sich deren Verbindung mit dem Eisen, das Karbid, welches an und für sich ebenfalls ziemlich hart ist, innerhalb der Hauptmasse eingelagert, etwa wie Quarzadern im Kalkstein, vermag also den Härtegrad des Metalls nur in beschränktem Masse zu beeinflussen; Graphit ist ein noch weicherer Körper als das reine Eisen, und der Gehalt des Eisens an Härtungs- und Karbidkohle fällt um so niedriger aus, je mehr Graphit beim Erstarren gebildet wird. Silicium erhöht die Härte des Eisens nur unerheblich, und selbst bei 10 v. H. Silicium ist das Eisen noch mit Stahlwerkzeugen bearbeitbar.

Hieraus folgt:

1. Graues Roheisen, in welchem nur geringe Mengen von Härtungskohle zugegen sind, besitzt einen geringeren Härtegrad als weisses Roheisen. Ersteres ist leicht bearbeitbar, letzteres schwierig.

2. Mit zunehmendem Graphitgehalte nimmt die Härte des Gusseisens ab; langsam erkaltetes Gusseisen ist daher weicher als rasch erkaltetes mit dem gleichen Gehalte an Gesamtkohlenstoff. Durch plötzliche Abkühlung (Eingiessen in eiserne Gussformen) lässt sich, wie schon früher besprochen wurde, die Graphitbildung solchen grauen Roheisens, welches nicht übermässig reich an Silicium ist, verhindern; es wird an den rasch abgekühlten Stellen weiss und sehr hart (Hartguss). Umgekehrt werden Gussstücke aus graphitarmem Gusseisen, welche bei rascher Abkühlung (z. B. in dünnen Querschnitten) hart und unbearbeitbar geworden waren, weicher, wenn man sie längere Zeit, mindestens einige Stunden, auf Rotglut erhitzt und dann langsam abkühlen lässt (Seite 59). Um vor Oxydation geschützt zu sein, müssen sie hierbei durch Kohlen, Asche oder dergleichen bedeckt gehalten oder in ein Gefäss eingeschlossen werden.

3. Auch ausgeglühte Gussstücke aus schmiedbarem Eisen sind verhältnismässig weich und leicht bearbeitbar. Ihre Härte steigt zwar mit dem Kohlenstoffgehalte, erreicht aber niemals ein solches Mass, dass der Gegenstand nicht noch gut bearbeitbar wäre. Durch Ablöschen in glühendem Zustande und darauf folgendes Anlassen (Seite 59) lässt sich ihr Härtegrad innerhalb ziemlich weiter Grenzen regeln. Schmiedbares Eisen mit mehr als 0,5 v. H. Kohlenstoff wird durch das Ablöschen so hart, dass es von gewöhnlichen Stahlwerkzeugen, z. B. Feilen, nicht mehr angegriffen wird; beim darauf folgenden Anlassen nimmt die Härte um so mehr ab, je höher die dabei angewendete Temperatur ist.

Ein Mangangehalt steigert ziemlich beträchtlich den Härtegrad des Eisens, sowohl unmittelbar, als auch beim Roheisen mittelbar, indem er die Graphitbildung erschwert, die Menge der Härtungskohle vermehrt. Einen gleichen, aber noch stärkeren Einfluss übt ein Chromgehalt, der jedoch nur ausnahmsweise vorkommt. Schon 0,2 v. H. Chrom ruft eine deutliche Wirkung hervor.

Phosphor, Schwefel, Kupfer vermögen in den Mengen, wie sie im gegossenen Eisen vorzukommen pflegen, kaum eine merkliche Härtesteigerung hervorzubringen.

9. Die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse.

Diese Eigenschaft ist für die Benutzung des Eisens nicht ohne Wichtigkeit. Schon das für die Verwendbarkeit des Eisens so nachteilige Rosten wird durch chemische Einflüsse veranlasst, und wer aufmerksam verschiedene Eisensorten oder selbst nur verschiedene Gusseisensorten hinsichtlich ihrer Neigung zum Rosten verglichen hat, wird gefunden haben, dass in dieser Beziehung oft deutliche Unterschiede wahrnehmbar sind. Wird aber der aus Eisen gefertigte Gegenstand stärkeren chemischen Einwirkungen ausgesetzt, wie es z. B. bei Säurekesseln, Sulfatpfannen und anderen Geräten für chemische Fabriken oder

metallurgische Werkstätten der Fall ist, so treten jene Unterschiede in noch erheblicherem Masse zu tage.

Jene Einflüsse jedoch sind verschiedener Art. Sie machen sich teils geltend, wenn das Eisen — wie in den schon aufgeführten Beispielen — mit Flüssigkeiten in Berührung tritt, teils, wenn es in Glühhitze der Einwirkung von Gasen ausgesetzt ist. Je nachdem der eine oder andere dieser Fälle vorliegt, kann auch die Widerstandsfähigkeit verschieden sein. Ein Eisen, insbesondere Gusseisen, welches der Einwirkung von Flüssigkeiten gegenüber als gut widerstandsfähig sich erweist, kann beim Glühen verhältnismässig rasch zerstört werden, und umgekehrt.

Die zerstörende Einwirkung von Flüssigkeiten beruht fast immer auf der Anwesenheit einer Säure, welche in Gemeinschaft mit dem Wasser die Umwandlung des Eisens ausübt. Beim Rosten ist es der Kohlensäuregehalt des Wassers und der Luft neben dem Wasser selbst, durch welchen der Vorgang eingeleitet wird, dessen weiterer Verlauf alsdann durch den Sauerstoffgehalt der Luft bedingt ist. Aehnlich ist der Vorgang bei der Einwirkung von Schwefelsäure, Salzsäure und manchen Salzlösungen.

Erfahrungsmässig ist reines Eisen solchen Einflüssen auf nassem Wege gegenüber wenig widerstandsfähig; es rostet am leichtesten, wird am raschesten von Säuren gelöst. Härtungs- und Karbidkohle, Silicium und Mangan erhöhen die Widerstandsfähigkeit, Schwefel verringert sie.

Graphit wird zwar an und für sich durch Säuren überhaupt nicht angegriffen, macht aber, indem er gewissermassen eine Auflockerung herbeiführt, das Eisen der Einwirkung der Flüssigkeiten zugänglicher. Ein sehr grosser Graphitgehalt ist daher nicht von Vorteil.

Hieraus erklärt es sich, dass weisses Roheisen widerstandsfähiger ist als graues, und dass leider gerade diejenigen Gusseisensorten, welche wegen grosser Reinheit sich durch Festigkeit und Zähigkeit vorteilhaft auszeichnen, doch verhältnismässig geringe Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse zu besitzen pflegen.

Versuche, welche von mir vor mehreren Jahrzehnten zu dem Zwecke angestellt wurden, ein Bild über die Widerstandsfähigkeit verschiedener Eisensorten gegenüber der Einwirkung verdünnter Schwefelsäure zu erhalten[1]), ergaben folgende Verhältniszahlen für die Menge des in Verlauf von 65 Stunden aufgelösten Eisens:

Spiegeleisen	Grelles, kohlearmes Roheisen	Koksroheisen Nr. I	Graues Holzkohlenroheisen	Stahl	Schmiedeeisen
14,1	19,7	27,6	37,7	66,5	88,6

Die gegenseitigen Werte dieser Ziffern würden mithin die Stufenleiter der Widerstandsfähigkeit ergeben.

Beim Glühen sind es vornehmlich oxydierende Gase — freier Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserdampf — welche die Zerstörung bewirken[2]). Der Kohlenstoff wird verbrannt und davongeführt, das

[1]) Berg- und hüttenmännische Zeitung 1877, Seite 280.

[2]) Enthalten die Gase Schwefeldämpfe oder schwefelige Säure, so können auch diese zur raschen Zerstörung des Gusseisengegenstandes beitragen.

Eisen in Eisenoxyd umgewandelt; aber auch Mangan, Phosphor und Silicium werden oxydiert, es entstehen Phosphate und Silikate, welche, leichter schmelzbar als das metallische Eisen und das entstandene Eisenoxyd, zum Teil aussaigern [1]). Solches Eisen heisst dann Brandeisen. Die von mir angestellte Untersuchung eines von einem gusseisernen Stubenofen stammenden Brandeisenstücks ergab einen Sauerstoffgehalt von 28,9 v. H., der Gehalt an Kohlenstoff betrug nur noch 0,96 v. H., sämtlich als Graphit, der Gehalt an Eisen 68,4 v. H.

Schmiedbares Eisen ist derartigen Einflüssen gegenüber durchschnittlich widerstandsfähiger als Gusseisen; ein möglichst geringer Gehalt an Mangan, Phosphor, Schwefel und ein nur ebenso grosser Siliciumgehalt, als die Graueisenbildung erfordert, ist förderlich für die Widerstandsfähigkeit des Gusseisens. Daher ist auch Holzkohleneisen für die in Rede stehenden Verwendungen meistens ein geeigneteres Material als Koksroheisen; nicht selten fügt man beim Schmelzen Stahlabfälle zu, um den Gehalt des Gusseisens an jenen Fremdkörpern herabzudrücken.

Vorzüglich haltbare Gusseisen-Roststäbe enthielten nach meiner Untersuchung

Gesamt-Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel
3,49	0,71	0,36	0,63	nicht best.

entsprachen also in ihrer Zusammensetzung recht gut der oben aufgestellten Regel.

IV. Die Prüfung des giessbaren Eisens.

I. Prüfung im flüssigen Zustande.

Schon das geschmolzene Eisen bietet dem geübten Auge gewisse Merkmale zur Beurteilung seiner Beschaffenheit.

Beim Roh- und Gusseisen ist es das früher (Seite 37) besprochene „Spiel", welches, zumal beim Hochofenbetriebe, Schlussfolgerungen darüber ermöglicht, ob das erfolgte Eisen reicher oder ärmer an Silicium und Kohlenstoff ist.

Beim flüssigen schmiedbaren Eisen bildet die vor dem Erstarren stattfindende Gasentwickelung, sowie das durch die entweichenden Gase bewirkte Funkenwerfen und Aufblähen (Steigen) des Metalls in der offenen Gussform ein Merkmal zur Beurteilung der Beschaffenheit. Je ärmer an Kohlenstoff, Silicum und Mangan das Eisen ist, desto deutlicher treten im allgemeinen jene Erscheinungen zu tage; doch spielen auch die Eigentümlichkeiten des Darstellungsverfahrens und verschiedene Nebenumstände hierbei eine Rolle. Schmiedbares Eisen, welches zur Formgussdarstellung benutzt werden soll, darf in keinem Falle, nachdem es in eine mässig erwärmte Gussform eingegossen wurde, heftig kochen, Funken werfen und sich aufblähen.

---

[1]) „Stahl und Eisen" 1885, Seite 473 (Platz).

2. Bruchaussehen.

Das für eine oberflächliche Prüfung am häufigsten benutzte Merkmal ist das Aussehen der frischen Bruchfläche. Häufig jedoch wird die Zuverlässigkeit dieses Merkmals überschätzt. Denn das Bruchaussehen ist, wie schon früher hervorgehoben wurde, nicht allein von der chemischen Zusammensetzung, sondern auch von Abkühlungsverhältnissen abhängig, und selbst unter gleichen Abkühlungsverhältnissen können ähnlich aussehende Eisensorten, zumal Roheisensorten, doch eine abweichende chemische Zusammensetzung besitzen und demnach auch sich verschieden verhalten.

Von dem Roheisen, welches beim Umschmelzen als Zusatz zum Brucheisen bestimmt ist, verlangt man, dass es, sofern nicht aussergewöhnliche Fälle vorliegen, auch nach mehrmaligem Umschmelzen grau bleibe, also graphitreich sei. Dieser Graphitgehalt wird vornehmlich durch den neben dem Kohlenstoff anwesenden Siliciumgehalt bedingt (Seite 11); ein Teil des ursprünglichen Silicumgehaltes aber wird beim Umschmelzen verbrannt und in die Schlacke geführt. Das Roheisen muss demnach siliciumreich genug sein, um jenen Teil des Silicumgehaltes einbüssen zu können und dennoch grau zu bleiben. Der Wert des Roheisens als Zusatzmaterial steigt deshalb mit seinem Siliciumgehalte. Ein Roheisen nun, welches 2 bis 2,5 v. H. Silicium neben 3,5 bis 4 v. H. Kohlenstoff enthält und dieser Zusammensetzung gemäss gut zum mehrmaligen Umschmelzen geeignet ist, pflegt auf dem Bruche tiefgraue Farbe und grobkörniges Gefüge zu zeigen, sofern es bei seiner Darstellung stark überhitzt und zu dickeren Masseln ausgegossen, also langsam abgekühlt wurde. Entschieden falsch aber — obwohl bei Giessereileuten noch häufig anzutreffen — ist die umgekehrte Schlussfolgerung: dass alles Roheisen, welches als Zusatzeisen beim Umschmelzen brauchbar sein soll, nun auch grobkörniges Gefüge und tiefgraue Farbe besitzen müsse; oder dass der Wert des Roheisens als Zusatzmaterial mit der Grösse des „Korns", d. h. der Absonderungsflächen des Gefüges, zu- und abnehme. Ein Roheisen mit 3 v. H. Silicium, bei richtiger Verwendung unläugbar als Zusatzmaterial wertvoller als ein solches mit 2 v. H. Silicum, ist in der Regel feinkörniger als dieses; bei noch höherem Silicumgehalte wird das Korn immer feiner, die Farbe immer lichter. Man würde einen argen Missgriff begehen, wenn man dieses siliciumreichere und deshalb feinkörnerige, hellere Roheisen für minderwertiger als jenes grobkörnige halten oder gar in der gleichen Weise wie silicumarmes, feinkörniges, jenem im Bruchaussehen ähnliches Roheisen verwenden wollte. Auch Zufälligkeiten bei der Darstellung des Roheisens bedingen oft das Aussehen der Bruchfläche, selbstverständlich ohne die Brauchbarkeit des Roheisens als Zusatz beim Umschmelzen zu ändern, sofern die chemische Zusammensetzung dem Zwecke entspricht. Roheisen mit nur 1,5 v. H. Silicium und deshalb als Zusatz minder wertvoll als solches mit 2 oder 2,5 v. H. Silicium kann doch ganz das grobkörnige Gefüge und die tiefgraue Earbe des siliciumreicheren Roheisens annehmen, wenn es reich an Kohlenstoff (3,8 bis 4 v. H.), arm an Mangan ist, in sehr hoher Temperatur erzeugt und langsam abgekühlt wurde; beim Umschmelzen aber wird es bald weiss und hart. Umgekehrt nimmt ein Roheisen mit 2,5 v. H. Silicium, wenn es nicht über 3,2 v. H. Kohlenstoff enthält,

und vor dem Erstarren nicht stark überhitzt worden war, selten ein sehr grobkörniges Gefüge an [1]).

Die Benutzung des Bruchaussehens für die Wertbestimmung des Giessereirohreisens ist demnach trügerisch [2]).

Eisengusswaren (aus Gusseisen), welche der Bearbeitung unterzogen werden und nicht allzu spröde sein sollen, müssen eine gleichmässig graue Farbe und ein feinkörniges Gefüge auf der Bruchfläche besitzen. Ein allzu grobes Korn bedingt geringere Festigkeit; weisslich graue oder wohl gar weisse Farbe deutet auf geringen Graphitgehalt und demnach allzu hohen Gehalt an Härtungskohle. Das Gusseisen mit solchem Bruchaussehen pflegt, wenigstens in dünneren Stücken, hart und spröde zu sein.

Nur in sehr dicken, langsam abkühlenden Gussstücken aus kohlenstoffarmen Gusseisen, in welchen bei der allmählichen Abkühlung die Härtungskohle grösstenteils in Karbidkohle (Seite 16) überging, kann ein weissgesprenkeltes Bruchaussehen ein Merkmal eines hohen Masses von Zähigkeit neben hoher Festigkeit sein; denn ein beträchtlicher Graphitgehalt verringert, wie früher erörtert, ebensowohl die Zähigkeit als Festigkeit. Solches Eisen besitzt ein nur mässig feinkörniges Gefüge.

Beim schmiedbaren Eisen wird mit zunehmendem Kohlenstoff- und Mangangehalte das Gefüge feinkörniger, bei zunehmendem Phosphorgehalte grosskörniger, und insofern kann bei Gussgegenständen das Bruchaussehen gewisse, aber freilich nur beschränkte Schlussfolgerungen ermöglichen. Dass durch das übliche Ausglühen das Bruchaussehen geändert werde, ist schon oben erwähnt worden.

3. Giessen von Probestücken.

Dieses Prüfungsmittel kann von Nutzen sein, wenn es sich darum handelt, eine neue Eisenmischung (vornehmlich beim Kupolofenschmelzen in Eisengiessereien), ein neues Schmelzverfahren, einen neuen Kunstgriff beim Schmelzen oder dergleichen mehr zu erproben. Die Form der zu giessenden Probestücke kann verschieden sein. Am geeignetsten sind selbstverständlich solche, welche die beim Giessen hervortretenden Mängel des zu vergiessenden Metalls besonders deutlich erkennen lassen; zugleich wird man, wenn thunlich, Probestücke wählen, welche den besonderen Zwecken der betreffenden Giesserei am besten entsprechen: in Maschinengiessereien Maschinenteile, deren Form die Erlangung brauchbarer Abgüsse erschwert, in Röhrengiessereien Röhren von verschiedener Form, in Ofengiessereien Ofenplatten, und dergleichen mehr.

Ein häufig auftretender Fehler manchen giessbaren Eisens ist dessen starke Neigung zum Saugen (Seite 47). Sie wächst, wie früher erläutert wurde, mit dem Schwindmasse des Metalls. Man kann letzteres unmittelbar prüfen — und dieser Versuch ist in allen Fällen ratsam, wo es sich um eine zuverlässige Ermittelung der Eigenschaften eines giessbaren Eisens handelt — indem man Stäbe, etwa 30 mm im Quadrate stark, 1300 bis 1500 mm lang, giesst und die eintretende Verkürzung

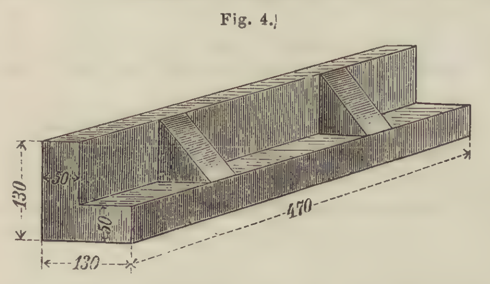
---

[1]) Näheres hierüber: A. Ledebur, Das Roheisen, 3. Auflage, Leipzig 1891, Vorrede und Seite 77.

[2]) Vergleiche hierüber auch „Stahl und Eisen" 1898, Seite 214.

misst. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Gussformen zu einem solchen Versuche mit aller Sorgfalt hergestellt sein müssen und jedes Beklopfen der Modelle in der Längenrichtung vor ihrem Herausnehmen zu vermeiden ist. Um Irrungen, welche durch das Beklopfen entstehen

Fig. 4.



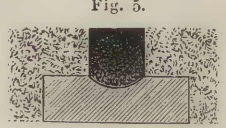
könnten, zu vermeiden, bringt West in der Gussform nach dem Herausnehmen des Modells mit Hilfe einer Lehre zwei Marken in bestimmtem Abstande von einander an, welche kleine Zapfen an dem Abgusse bilden. Nach dem Erkalten des gegossenen Stabes misst man deren Abstand statt der Gesamtlänge des Stabes [1]).

Zweckmässig ist es auch daneben einige Gegenstände zu giessen, deren Gestalt von vornherein jene Neigung des Metalls zum Saugen begünstigt. Riemenscheiben oder Speichenräder mit starken Naben, in welchen vorzugsweise gern sich Sauglöcher bilden, sind beispielsweise solche Gussstücke; geeignet hierfür sind auch Winkelstücke (Fig. 4) mit eingegossenen Verstärkungsrippen. In den Ecken, welche diese Verstärkungsrippen mit den Schenkeln des Winkelstücks bilden, entstehen besonders leicht Saugstellen.

Um die Neigung des Gusseisens, welches für Grauguss bestimmt ist, zum Weisswerden zu prüfen, kann man flache Keilstücke giessen, und sie nach dem Erkalten in der Richtung rechtwinkelig gegen die vordere Kante durchteilen. In der unmittelbaren Nähe dieser Kante wird fast immer eine schwache Härtung, durch weisse Farbe der Bruchfläche erkennbar, eingetreten sein; je weiter diese Härtung in den stärkeren Teil des Keils vordringt, desto leichter wird das Gusseisen weiss, desto weniger ist es zum Gusse dünner Stäbe geeignet.

Umgekehrt prüft man die Brauchbarkeit des für Hartguss (Seite 15) bestimmten Gusseisens durch den Guss eines Probestücks in einer Gussform, deren untere Begrenzung aus einem eingelegten Gusseisenstücke — einer Gussschale — besteht (Fig. 5). Der Abguss erhält prismatische Form und kann etwa 60 mm hoch, ebenso breit und 200 bis 250 mm lang sein, der gehärteten Seite gibt man zweckmässigerweise etwas gewölbte, also der Gussschale konkave Form. Die Gussform kann oben offen sein.

Fig. 5.



Nach dem Erkalten zerschlägt man den Abguss und prüft die entstandene Härtung. Nicht jedes Gusseisen freilich, welches starke Härtungen gibt,

---

[1]) Näheres über die Ausführung des Versuchs: „Stahl und Eisen" 1894, Seite 909 (aus American Machinist vom 30. August 1894).

ist deshalb zum Hartgusse geeignet. Näheres hierüber im sechsten Abschnitte.

4. Festigkeitsprüfung.

Aufschluss über die Festigkeitseigenschaften des Gusseisens wie des gegossenen schmiedbaren Eisens erhält man nur durch eine Festigkeitsprüfung auf besonderen Vorrichtungen.

Nicht vergessen darf man hierbei, dass jedes erneute Umschmelzen die chemische Zusammensetzung und demnach auch das mechanische Verhalten des zum Gusse bestimmten Eisens ändert. Besonders kommt dieser Umstand beim Giessereiroheisen in Betracht. Gerade jene Roheisensorten, welche das vorzüglichste Zusatzmaterial zu Bruchеisen und anderm schon umgeschmolzenem oder von vornherein siliciumärmerem Roheisen bilden und demgemäss am teuersten bezahlt werden, liefern, für sich allein geschmolzen und auf Festigkeit geprüft, nie recht befriedigende Ergebnisse. Erst bei wiederholtem Umschmelzen ergeben sich günstigere Festigkeitsziffern, aber der Wert solchen Roheisens als Zusatzmaterial nimmt trotzdem mit jedem erneuerten Umschmelzen ab.

Auch die Einflüsse, welche durch verschieden rasche Abkühlung auf die Kohlenstoffformen des Eisens, insbesondere des Gusseisens, ausgeübt werden, verdienen Beachtung. Ein Probestab von 10 mm Stärke kann bei der Prüfung wesentlich andere Eigenschaften zeigen, als ein solcher von 30 mm Stärke, welcher langsamer abkühlt. Ein zur starken Graphitbildung neigendes Gusseisen gibt in dünnen Querschnitten günstigere Festigkeitziffern als in stärkeren; ein graphitarmes verhält sich umgekehrt [1]). Für Erlangung zutreffender Vergleichsziffern bei verschiedenen Eisensorten ist es deshalb erforderlich, die Versuchsstücke in gleichen Abmessungen zu giessen; will man sich über die Festigkeit des zu einem Abgusse benutzten Eisens durch Prüfung besonders gegossener Probestäbe Auskunft verschaffen, so müssen letztere thunlichst ähnliche Querschnittsstärken erhalten wie der Abguss.

Auch das Giessverfahren ist nicht ohne Bedeutung für den Ausfall der Festigkeitsprüfung. Stabförmige Versuchsstücke, liegend, d. h. mit wagerechter Achse, gegossen, geben meistens etwas niedrigere Festigkeitsziffern als stehend gegossene; bei Biegungsversuchen mit liegend gegossenen Stäben zeigen sich sogar Unterschiede, je nachdem man bei der Prüfung die beim Gusse oben befindliche Seite des Stabes gleichfalls nach oben oder nach unten legt [2]).

In nassen Gussformen gegossene Stäbe verhalten sich ungünstiger als in getrockneten Formen gegossene. Der Unterschied ist zwar meistens nicht erheblich, tritt aber, wenn man die Durchschnittsziffern einer grösseren Zahl von Versuchen vergleicht, fast immer deutlich zu tage.

Die erheblichen Unterschiede, welche beim Gusseisen teils durch abweichende Querschnittsform, teils durch Prüfung im bearbeiteten oder unbearbeiteten Zustande hervorgerufen werden, sind auf Seite 61 und 65

---

[1]) Beispiele: „Stahl und Eisen" 1899, Seite 719.

[2]) Versuche Wests hierüber: „Stahl und Eisen" 1895, Seite 894 (aus The Journal of the Iron and Steel Institute 1895 II, Seite 249).

besprochen worden. Auf deutschen Werken benutzt man in der Regel Stäbe mit quadratischem Querschnitte, in Nordamerika zieht man solche mit kreisförmigem Querschnitte vor, da man befürchtet, dass bei quadratischem Querschnitte die Abkühlung in den Ecken rascher als in den Seitenflächen von statten gehe und dadurch Spannung entstehe.

Bei der Prüfung des Gusseisens ermittelt man in den gewöhnlicheren Fällen nur die Biegungsfestigkeit und die vor dem Bruche eintretende Gesamteinbiegung des Probestabes. Je grösser diese Einbiegung ist, desto weniger spröde, also desto widerstandsfähiger gegen Erschütterungen ist das Gusseisen. Die Prüfungsvorrichtung (Probiermaschine) muss so eingerichtet sein, dass eine zunehmende Belastung gegeben werden kann, ohne dass ein Stoss ausgeübt wird, und dass sich die stattgehabte Einbiegung ohne Schwierigkeit ablesen lässt. Die Aufgabe lässt sich in verschiedener Weise lösen, je nachdem man geringere oder höhere Ansprüche an die Genauigkeit der Prüfungsergebnisse stellt. Häufig wird der durch ein Gewicht ausgeübte Druck durch einen ungleicharmigen Hebel mit Stahlschneide auf den wagerecht liegenden Probestab übertragen: ein mit dem Hebel verbundener Zeiger führt die stattfindende Einbiegung vor Augen. Damit diese Einbiegung deutlich erkennbar werde, darf die freie Auflage des Probestabes nicht zu knapp bemessen werden; bei dünnen Stäben 0,6 m, bei dickeren 1 m freie Auflage sind geeignete Abmessungen [1]).

Bei Berechnung der Bruchspannung auf die Flächeneinheit (1 qmm) des Querschnitts muss das Widerstandsmoment des Querschnitts in Rechnung gestellt werden. Bezeichnet man die Bruchspannung in Kilogrammen auf 1 qmm mit k, die stattgehabte Bruchbelastung mit P, die freie Auflage des Probestabes in Millimetern mit l und das Widerstandsmoment des Querschnitts mit W, so ist

$$k = \frac{P\,l}{4\,W}$$

Für quadratischen Querschnitt mit der Seitenlänge W ist $W = \frac{h^3}{6}$

für kreisrunden Querschnitt mit dem Durchmesser d ist $W = \frac{\pi\, d^3}{32}$.

Die auf Seite 65 mitgeteilten Ziffern der Biegungsfestigkeit des Gusseisens ermöglichen die Beurteilung der erlangten Versuchsergebnisse.

Auf Zugfestigkeit pflegt man Gusseisen nur bei wissenschaftlichen Untersuchungen zu prüfen. Näheres über die betreffenden Ziffern findet der Leser auf Seite 64.

Zweckmässig dagegen können Schlagversuche sein, welche man anstellen kann, ohne sehr umfänglicher Vorrichtungen zu bedürfen. Ein Fallwerk, in den meisten Eisengiessereien zum Zerschlagen schwerer Gussstücke vorhanden, genügt schon zur Erlangung brauchbarer Ergebnisse. Quadratische — oder auch rechteckige — Platten von bestimmter Grösse und Stärke werden auf eine Sandunterlage gebettet und in der Mitte durch das niederfallende Gewicht getroffen. Man beginnt mit Schlägen

---

[1]) Ueber Prüfungsmaschinen: A. Martens, Handbuch der Materialienkunde, 1. Teil, Seite 398.

aus geringer Höhe und steigert nach jedem Schlage die Fallhöhe, bis der Bruch erfolgt. Bei den schon mehrfach erwähnten von Jüngst angestellten „Schmelzversuchen mit Ferrosilicium“ wurden Platten von 1 m im Quadrat und 20 mm Stärke benutzt; das Fallgewicht betrug 25 kg. Man begann mit einer Fallhöhe von 0,25 m und steigerte diese nach jedem Schlage um 0,25 m bis zur Zertrümmerung der Platte. Einige Platten, aus hartem weissem Eisen gegossen, zersprangen schon bei dem ersten Schlage aus 0,25 m Höhe; mittelwertiges Gusseisen bei 0,50 bis 0,75 m Höhe; die vorzüglichsten von Jüngst geprüften Platten bekamen erst bei 4 m Höhe einen Riss und zersprangen vollständig bei 5,25 m.

Schmiedbares Eisen pflegt auf Zugfestigkeit geprüft zu werden [1]). Man dreht die Versuchsstücke auf der Drehbank auf einen bestimmten, von der Einrichtung der Probiermaschine abhängigen Durchmesser — z. B. 25 mm — ab; neben der Festigkeit misst man die beim Bruche eintretende Längenausdehnung des Versuchsstabes, bezogen auf eine bestimmte ursprüngliche Länge (z. B. 200 mm) und nicht selten auch die stattgehabte Querschnittsverringerung an der Bruchstelle. Das Mass beider Formveränderungen dient zur Beurteilung der Zähigkeit des Eisens. Nicht in Abrede stellen lässt sich jedoch die Thatsache, dass die Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Stösse, welche bei der Benutzung des Eisens ganz besonders in Betracht kommt, nicht immer in genauem Einklang mit jenen Formveränderungen steht.

Die vor dem Bruche eintretende Längenausdehnung ist am stärksten in der Nähe der Bruchstelle (welche meistens in der Mitte des Stabes liegt), unbedeutend an den entfernter liegenden Stellen. Hieraus folgt aber, dass, wenn man Vergleiche des Verhaltens verschiedener Proben anstellen will, jene Längenausdehnung auch auf die gleiche ursprüngliche Längenabmessung bezogen werden muss. Durch zwei Körnerpunkte, welche von der Mitte des Probestabes gleich weit entfernt sind, wird die ursprüngliche Längenabmessung festgelegt; je geringer sie genommen wurde, desto höher beziffert sich bei dem gleichen Versuchsstücke die in Hundertteilen der ursprünglichen Abmessung ausgedrückte Längenausdehnung.

Auch die Stärke des Versuchsstabes ist nicht ohne Einfluss auf das Mass der beim Zerreissen eintretenden Längenausdehnung. Je stärker der Versuchsstab ist, desto grösser ist die eintretende Längenausdehnung. Auch dieser Umstand verdient alle Beachtung, wenn Vergleiche verschiedener Proben angestellt werden sollen. Einzelne Ziffern für die Zugfestigkeit und Längenausdehnung des gegossenen schmiedbaren Eisens wurden auf Seite 64 gegeben.

Um über die Zähigkeit dieses Eisens noch zuverlässigere Auskunft zu erhalten, als allein durch die beim Zerreisen eintretenden Form-

---

[1]) Ueber Prüfungsmaschinen hierfür: „Stahl und Eisen“ 1888, S. 809, 1891, S. 467, ferner in Martens genanntem Werke. Wo nur ab und an derartige Versuche ausgeführt werden sollen, thut man am besten, eine der staatlichen Prüfungsanstalten (z. B. die königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt zu Charlottenburg) damit zu betrauen.

veränderungen, unterwirft man Stäbe, welche zu diesem Zwecke aus den Probeabgüssen herausgearbeitet wurden [1]), besonderen Biegungsversuchen, indem man sie über einen Dorn bis zum eintretenden Bruche herumbiegt. Stäbe von 25 mm im Quadrat, aus vorzüglichem weichem Eisen gegossen und gut geglüht, um einen Dorn von 45 mm Stärke gebogen, ertragen mitunter Biegungen von 180 Graden [2]); weniger geschmeidiges Eisen bricht bei 100 Graden oder darunter; die härtesten Sorten gegossenen Stahls ertragen, auf diese Weise geprüft, nur sehr unbedeutende Biegungen. Sie besitzen zwar eine sehr bedeutende Festigkeit bei ruhiger Belastung, aber nur geringe Zähigkeit.

Schlagproben, ähnlich den oben beschriebenen, sind auch bei Prüfung von Gussstücken aus schmiedbarem Eisen vielfach am Platze.

5. Chemische Untersuchung.

Seitdem man die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung des Eisens und seinem mechanischen Verhalten besser kennen lernte als früher, hat auch die chemische Untersuchung eine hervorragende Bedeutung als Prüfungsmittel erlangt.

Man untersucht teils das für die Verarbeitung bestimmte Eisen, um sich von vornherein Gewissheit zu verschaffen, ob dessen Zusammensetzung dem jedesmaligen Zwecke entspricht, teils die Gusswaren selbst. Letzterer Fall kommt besonders häufig dann vor, wenn das Verhalten irgend eines Gussgegenstandes nicht den gehegten Erwartungen entspricht und demnach die Frage entsteht, ob etwa eine mangelhafte Zusammensetzung die Schuld trage.

Die Einflüsse, welche die verschiedenen Körper auf die Eigenschaften des zur Gusswarenerzeugung bestimmten Eisens ausüben, sind früher ausführlich besprochen worden. Es mögen deshalb nur die wichtigsten Gesichtspunkte, welche bei der Beurteilung des Eisens nach seiner chemischen Zusammensetzung in Betracht kommen, hier nochmals kurze Erwähnung finden.

Der Wert des als Zusatz zu Bruchеisen dienenden grauen Roheisens hängt in erster Reihe von seinem Siliciumgehalte ab, und der Verkäufer kann mit Recht einen um so höhern Preis fordern, je höher dieser ist. Ein beträchtlicher Mangangehalt dagegen ist nachteilig; ein Giessereiroheisen mit mehr als 1,5 v. H. würde für die wenigsten Zwecke geeignet sein. Das gleiche gilt vom Phosphorgehalte (Seite 57), obschon im gewöhnlichen, billigerbezahlten Giessereiroheisen ein Phosphorgehalt von etwa 1 % oder etwas darüber wegen dessen Einflusses auf die Dünnflüssigkeit (Seite 31) nicht gerade unerwünscht ist. Schwefel sollte in allen Fällen nur in geringen Mengen im Roheisen anwesend sein; 0,1 % Schwefel ist schon ziemlich reichlich. Auch ein hoher Kupfergehalt (über 0,2 %) ist nicht gerade erwünscht; noch weniger

[1]) Die Vorrichtung der Probestäbe auf der Hobelmaschine oder Drehbank muss unter Ausschluss alles Schmiedens oder Walzens bewirkt werden, weil die Festigkeitseigenschaften des Eisens durch die letztere Art der Bearbeitung Aenderungen erleiden würden.

[2]) „Stahl und Eisen" 1891, Seite 458.

ein — allerdings seltener auftretender — Chromgehalt, welcher schon in einer Höhe von 0,2 % eine merkliche Härtesteigerung hervorbringt und deshalb gerade dann das Verhalten des Roheisens benachteiligt, wenn weiche, leicht bearbeitbare Gussstücke daraus dargestellt werden sollen. Weniger von Belang ist der Kohlenstoffgehalt des Roheisens, welcher ohnehin beim Umschmelzen leicht sich ändert; doch ist bei genaueren Untersuchungen seine Ermittelung wohl ratsam. Er pflegt in den besseren Roheisensorten etwa 3,5 v. H. zu betragen; nur in sehr siliciumreichem Eisen ist er niedriger (Seite 11).

Nutzlos würde es indes sein, etwa die verschiedenen Formen des Kohlenstoffs im Roheisen, insbesondere die Höhe des Graphitgehalts, zu bestimmen, da das Verhältnis dieser Kohlenstoffformen zu einander, wie früher erläutert wurde, wesentlich durch die Abkühlungsverhältnisse bedingt wird.

Andere Ansprüche an die chemische Zusammensetzung sind zu stellen, wenn nicht Roheisen, welches erst zum Umschmelzen bestimmt ist, sondern ein schon fertiges Gussstück vorliegt, dessen Verhalten durch die chemische Untersuchung beleuchtet werden soll. Ein allzu hoher Siliciumgehalt würde hier leicht von Nachteil sein; auch der Gesamtkohlenstoffgehalt und die Formen, in welchen der Kohlenstoff anwesend ist, spielen hier eine wichtigere Rolle als im Roheisen. Näheres hierüber ist bei Besprechung der Eigenschaften des Eisens, insbesondere der Festigkeitseigenschaften, Härte, Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse mitgeteilt worden, auch im sechsten Abschnitte sind Mitteilungen hierüber gegeben. Vom Gehalte an Mangan, Phosphor, Schwefel, Kupfer, Chrom gilt das beim Roheisen Gesagte auch hier. Im übrigen müssen selbstverständlich auch der Zweck des betreffenden Gussstückes und dessen Abmessungen entscheidend sein, ob die gefundene chemische Zusammensetzung als geeignet zu bezeichnen sei oder nicht. Dünne Abgüsse erfordern, um grau zu bleiben, einen höhern Siliciumgehalt als dicke; Hartguss einen niedrigeren Siliciumgehalt als Grauguss; Gegenstände, welche heftigen Erschütterungen unterworfen werden oder solche, durch deren Bruch Unglücksfälle hervorgerufen werden können, müssen aus phosphorärmerem Roheisen gegossen werden, als man für Gusswaren zu benutzen pflegt, bei welchen diese Rücksicht wegfällt u. s. f.

Empfindlicher noch als das Roh- und Gusseisen ist das schmiedbare Eisen gegen die Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung. Von grösster Bedeutung ist hier der Gehalt an Kohlenstoff (Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften Seite 55); Mangan und Silicium dürfen nicht in zu reichlichen Mengen anwesend sein, wenn nicht eine Erhöhung der Sprödigkeit eintreten soll. Der Phosphorgehalt muss in allen Fällen bedeutend geringer sein als im Gusseisen und sollte nicht über 0,10 % hinausgehen. Schwefel und Kupfer müssen in möglichst niedrigen Grenzen gehalten werden (Schwefel nicht über 0,08 %, Kupfer nicht über 0,15 %).

Hinsichtlich der Ausführung der chemischen Untersuchung, welche nur durch einen geeübten Chemiker zu bewirken ist, muss auf die betreffende Litteratur verwiesen werden (Ledebur, Leitfaden für Eisenhütten-Laboratorien, fünfte Auflage; Jüptner von Jonsdorff, Handbuch für Eisenhütten-Chemiker; Wedding, Eisenprobierkunst; Blair, The Chemical Analysis of Iron).

Zweiter Abschnitt.

Das Schmelzen.

I. Allgemeines.

Wenn der Endzweck des Schmelzens in den Eisen- und Stahlgiessereien die Gewinnung eines zum Vergiessen tauglichen Metalls ist, so lassen sich doch zwei verschiedene Wege hierbei unterscheiden.

In dem einen Falle dient das Schmelzen zugleich zur hüttenmännischen Erzeugung des Metalls aus Stoffen von abweichender Beschaffenheit. Aus den Erzen wird im Hochofen Roheisen, aus Roheisen in der Bessemerbirne flüssiges schmiedbares Eisen, aus verschiedenen Eisensorten im Martinofen ebenfalls flüssiges schmiedbares Eisen dargestellt. Auch das Tiegelstahlschmelzen gehört hierher: Schweissstahl wird in giessbaren Flussstahl umgewandelt.

Die eingehende Besprechung dieser Schmelzverfahren, der Vorrichtungen dazu und der stattfindenden chemischen Vorgänge gehört in das Gebiet der Eisenhüttenkunde.

Bei der Darstellung von Gusswaren aus schmiedbarem Eisen, dem Stahlformgusse, pflegt sich das Giessen unmittelbar an die erwähnte hüttenmännische Darstellung des Metalls anzuschliessen; in den Eisengiessereien dagegen, welche flüssiges Roheisen zum Vergiessen benutzen, ist das in früheren Jahrhunderten fast ausschliesslich angewendete Verfahren, der Guss unmittelbar aus dem Hochofen, selten geworden. Man giesst aus dem Hochofen Masseln und unterzieht diese, wenn sie zur Gusswarenerzeugung Verwendung finden sollen, einem erneuten Schmelzen.

Verschiedene Umstände vereinigen sich, das letztere, scheinbar umständlichere und jedenfalls kostspieligere Verfahren doch fast immer als zweckmässiger erscheinen zu lassen.

In keinem Hochofen ist es möglich, täglich Roheisen von ganz genau der nämlichen Beschaffenheit zu erzeugen. Heute ist das Roheisen vielleicht mit Graphit allzu überladen, um für Gusswarendarstel-

lung überhaupt gut brauchbar zu sein, morgen ist es gerade gut tauglich und übermorgen vielleicht allzu graphitarm. Giesst man zunächst Masseln, so kann man diese sondern und dann in solchen Verhältnissen miteinander mischen, wie es den Erfordernissen der Giesserei am besten entspricht.

Das aus dem Hochofen kommende, unter starkem Gasdrucke erzeugte Roheisen enthält ausserdem grössere Mengen von Gasen gelöst als das umgeschmolzene und eignet sich aus diesem Grunde weniger gut als letzteres zur Darstellung dichter Abgüsse. Der Uebelstand wächst mit der im Ofen herrschenden Gasspannung, diese mit der Höhe des Ofens; er ist deshalb besonders fühlbar geworden, seitdem man die Hochöfen zum Zwecke der Erzeugung grösserer Roheisenmengen mehr und mehr vergrösserte. Aus diesem Grunde eignen sich auch die meistens in kleineren Abmessungen gebauten Holzkohlenhochöfen besser für den unmittelbaren Guss als die Kokshochöfen, und fast nur bei ersteren ist das Verfahren noch hier und da in Anwendung.

Endlich aber kommt in Betracht, dass unter den jetzigen gewerblichen und Verkehrs-Verhältnissen die Anlage von Eisengiessereien auch an solchen Orten häufig lohnend sein kann, an welchen ein Hochofenwerk überhaupt nicht lebensfähig sein würde. Solche Eisengiessereien sind also schon aus diesem Grunde genötigt, ihren Roheisenbedarf von auswärts zu beziehen und aufs neue zu schmelzen.

In dem zweiten hier schon angedeutetem Falle soll das Schmelzen nicht sowohl zur Darstellung eines neuen Metalls, als vielmehr lediglich zur erneuten Verflüssigung des in einem vorausgegangenen Verfahren bereits gewonnenen Metalls dienen. Man pflegt daher ein derartiges Schmelzen mit dem Ausdrucke „Umschmelzen“ zu bezeichnen[1]). Der Fall tritt uns vorzugsweise bei der Verarbeitung des Roheisens zu Gusswaren entgegen und bildet hierbei, wie soeben erwähnt wurde, die Regel. Aber auch bei diesem Umschmelzen sind Aenderungen in der chemischen Zusammensetzung des Metalls unvermeidlich, mit welchen Aenderungen der sonstigen Eigenschaften Hand in Hand gehen. Nur wenn man diese Einflüsse kennt und ihnen bei der Auswahl des Materials wie bei der Durchführung des Schmelzverfahrens Rechnung trägt, kann man Misserfolge vermeiden. Näheres hierüber ist bei Besprechung der verschiedenen Schmelzverfahren mitgeteilt.

II. Das Tiegelschmelzen.

1. Haupteigentümlichkeiten des Verfahrens.

Das zu schmelzende Metall wird in ein Gefäss — den Tiegel — eingeschlossen, welches es vor der unmittelbaren Berührung mit dem Brennstoffe und den Verbrennungsgasen schützt und demzufolge auch

---

[1]) In den statistischen Nachweisungen werden die aus umgeschmolzenen Roh- und Brucheisen gewonnenen Gusswaren als Gusswaren zweiter Schmelzung bezeichnet.

die chemischen Einwirkungen fernhält, welche durch jene Berührung hervorgerufen werden können. Die Wärmeübertragung aber ist ungünstiger und der Brennstoffverbrauch demnach höher, als wenn das Metall ohne jene schützende Umhüllung geschmolzen wird. Die Menge des Metalls, welches in einem Tiegel geschmolzen werden kann, ist ziemlich beschränkt (50 kg oder wenig darüber), und zu den höheren Ausgaben für Brennstoffverbrauch treten noch die nicht unbeträchtlichen Kosten für die Tiegel.

Daher ist das Schmelzen in Tiegeln bedeutend kostspieliger als die sonstigen Schmelzverfahren. Man wendet es an, wenn der Schutz, welchen der Tiegel dem eingeschlossenem Metalle gewährt, für die Beschaffenheit des Erzeugnisses von Wichtigkeit ist; oder auch, wenn der jedesmalige Bedarf an flüssigem Metall nicht so bedeutend ist, dass die Benutzung eines der übrigen, nur zum Schmelzen grösserer Metallmengen geeigneten Schmelzöfen zweckmässig erscheinen könnte.

Ein dritter Grund, welcher beim Schmelzen wertvollerer Metalle — des Goldes, Silbers und anderer — für die Wahl des Tiegels entscheidend sein kann, die Vermeidung auch geringer mechanischer Verluste, spielt beim Eisenschmelzen keine Rolle.

Man bedient sich daher des Tiegelschmelzens in Eisengiessereien, welche graues Roheisen verarbeiten, nur ausnahmsweise dann, wenn in Rücksicht auf besondere Vorkommnisse kleine Mengen Metall von bestimmter Beschaffenheit geschmolzen werden sollen; häufiger in den Giessereien für Darstellung schmiedbaren Gusses (s. d.), welche eines weissen, kohlenstoffarmen, aber etwas siliciumhaltigen Roheisens für ihren Betrieb bedürfen und ein solches Roheisen am leichtesten durch Schmelzen in Tiegeln erhalten, und die Erzeugung von Stahl im Tiegel findet in allen den Fällen statt, wo entweder der Gesamtbedarf an flüssigem Stahl nicht sehr erheblich ist, oder wo man auf die unleugbar vorzüglichere Beschaffenheit des Tiegelstahls besonderen Wert legt.

2. Beschaffenheit der Tiegel.

Die Tiegel haben die bekannte Form eines nach oben hin sich etwas erweiternden Gefässes mit kreisförmigem Querschnitte und einem Verhältnisse der Höhe zum Durchmesser wie 3 : 2 bis 2 : 1. Sollen äussere Einwirkungen während des Schmelzens nach Möglichkeit ferngehalten werden, so schliesst man den Tiegel durch einen aufgelegten Deckel, in welchem mitunter (beim Stahlschmelzen) eine kleine Oeffnung angebracht ist, um eine Eisenstange zur Untersuchung des schmelzenden Metalls einführen zu können.

Für die Herstellung der Tiegel wird ein Gemenge aus feuerfestem Thon, Graphit und gemahlenen alten Tiegeln verwendet.

Der Graphitzusatz, an und für sich kostspielig, da nur der vorzüglichste Graphit zur Herstellung gut haltbarer Tiegel brauchbar ist, hat zwei verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Der Graphit ist unschmelzbar und erhöht teils hierdurch, teils auch, indem er das Reissen der Thontiegel bei starker Erhitzung verhindert, die Feuerbeständigkeit der Tiegel; er verhindert das Eindringen oxydierender Ver-

brennungsgase (Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserdampf) durch die Poren der Tiegelwände, indem er selbst durch den Sauerstoff jener Gase zu Kohlenoxydgas verbrannt wird, und wirkt solcherart der Benachteiligung des Einsatzes durch die Einwirkung der Gase entgegen.

Indem man die gebrauchten Tiegel für die Anfertigung der neuen wieder benutzt, erniedrigt man die Herstellungskosten und verleiht zugleich den Tiegeln, welche, lediglich aus frischem Material gefertigt, leicht reissen würden, grössere Haltbarkeit.

Das gegenseitige Verhältnis der genannten Rohstoffe in den Tiegeln lichtet sich teils nach der Zusammensetzung dieser Rohstoffe, teils nach den Ansprüchen, welche an die Tiegel gestellt werden, teils auch nach der Menge der für die Aufarbeitung zur Verfügung stehenden alten Tiegel. Der Gehalt an frisch zugesetztem feuerfestem Thon pflegt 35 bis 65 Hundertteile des Gemenges zu betragen; der gesamte Graphitgehalt 20 bis 70 Hundertteile. Ein Teil dieses Graphitgehalts wird durch die verwendeten alten Tiegel in das Gemenge geführt, der Rest in frischem Zustande zugesetzt.

Die gemahlenen Bestandteile werden mit Wasser soweit angefeuchtet, dass sie Bildsamkeit erhalten, gut gemengt und mit der Hand auf der Töpferscheibe oder mit Maschinen zu Tiegeln geformt. Die Tiegel werden ganz allmählich getrocknet und schliesslich gebrannt.

Ein guter Tiegel pflegt drei bis vier Schmelzungen auszuhalten. In grossen Stahlwerken, welche ihre Tiegel selbst fertigen, benutzt man indessen häufig jeden Tiegel grundsätzlich nur ein einziges Mal, um ihn dann zu zerschlagen und zur Neuanfertigung der Tiegel zu verwenden.

3. Die Tiegelöfen.

a) Tiegelschachtöfen.

Die Tiegelschachtöfen bilden die ältere Form der Tiegelöfen; sie kommen noch heute zur Anwendung, wo nur ein oder wenige Tiegel mit einem Male eingesetzt werden sollen, und wo ein ununterbrochen fortlaufender Betrieb nicht stattfindet. In Giessereien, welche Roheisen im Tiegel schmelzen, und in kleineren Stahlwerken sind fast nur diese Tiegelschachtöfen in Benutzung.

Der zu erhitzende Tiegel befindet sich bei diesen Oefen innerhalb eines schachtförmigen Raumes, welcher nicht sehr viel höher als der Tiegel selbst ist, und ist rings von dem in Verbrennung befindlichen Brennstoff umgeben. Der Ofen fasst entweder nur einen oder mehrere Tiegel; mit der Zahl der Tiegel aber wächst die Schwierigkeit, sie gleichmässig stark zu erhitzen, und aus diesem Grunde sind Oefen für mehr als drei Tiegel ziemlich selten.

Nach der Zahl der Tiegel richtet sich die Form des Grundrisses des Ofens. Soll nur ein Tiegel eingesetzt werden, so gibt man dem Grundrisse quadratische oder besser kreisrunde Form; zwei oder drei Tiegel stellt man in einer Reihe auf, und der Grundriss des Ofens wird demnach rechteckig; vier, sechs oder acht Tiegel werden in zwei Reihen oder im Kreise mit einem Tiegel in der Mitte aufgestellt, woraus sich die Form des Grundrisses ergibt.

Als Brennstoff zum Heizen dieser Oefen dient Koks, seltener Holzkohle, noch seltener Gas (Leuchtgas). Koks sind nicht nur in den meisten Gegenden billiger als Holzkohlen, sondern eignen sich, da sie dichter sind, auch besser als Holzkohlen zur Erzielung einer vollständigen Verbrennung, d. h. zur Bildung von Kohlensäure statt des bei unvollständiger Verbrennung erfolgenden Kohlenoxydgases[1]; die Folge davon ist, dass ihr Brennwert besser ausgenutzt wird[2], und dass sie höhere Verbrennungstemperaturen entwickeln. Je dichter die Koks sind und je weniger Asche sie enthalten, desto deutlicher tritt jener Unterschied hervor, desto geeigneter sind sie zum Tiegelschmelzen.

Leuchtgas ist zwar an und für sich ein vortrefflicher Brennstoff, aber zu kostspielig für die Benutzung in grösserem Umfange. Man bedient sich desselben znm Tiegelschmelzen daher nur in Laboratorien, wenn sehr kleine Tiegel erhitzt werden sollen.

Jenes billigere, durch sogenannte unvollständige Verbrennung roher Brennstoffe erzeugte Gas aber, welches man Luftgas oder Generatorgas nennt, und welches für Heizzwecke im Grossbetriebe eine ausgedehnte Verwendung findet, bedarf, da es reichlich mit Stickstoff verdünnt ist, einer starken Vorwärmung, um zur Erzielung hoher Verbrennungstemperaturen geeignet zu sein. In den einfachen Tiegelschachtöfen würde es sich wenig bewähren; für die unten zu besprechenden Tiegelflammöfen bildet es den fast ausnahmslos angewendeten Heizstoff.

Bisweilen hat man zur Erzielung hoher Temperaturen auch Petroleumfeuerung für Heizung von Tiegelschachtöfen in Anwendung gebracht, z. B. bei Erzeugung des sogenannten Mitisgusses, Abgüssen aus ganz weichem, kohlenstoffarmem, im Tiegel geschmolzenem Eisen, dessen Schmelztemperatur noch höher liegt als die des gewöhnlichen Tiegelstahls. Näheres über diese Oefen: Revue universelle des mines, serie III, tome III, p. 190.

In jenen für gewöhnliche Zwecke (Roheisenschmelzen, Tiegelstahlerzeugung) fast stets angewendeten Oefen für Koksfeuerung wird der erforderliche Luftzug gewöhnlich durch eine Esse, seltener durch ein Gebläse hervorgebracht. Von der Stärke des Luftzuges aber hängt die in bestimmter Zeit verbrennbare Menge der Brennstoffe ab und somit die Zeitdauer des Schmelzens wie auch die erreichbare Temperatur. In Zugöfen mit zu schwachem Essenzuge ist es oft gar nicht möglich, eine zum Schmelzen und zur erforderlichen Ueberhitzung des Eisens und Stahls ausreichend hohe Temperatur hervorzubringen. Die Höhe der Esse sei deshalb allermindetens 10 m, wenn nur Roheisen in den Tiegeln geschmolzen werden soll, 15 m oder darüber für Stahlschmelzöfen; der Essenquerschnitt $^1/_8$ bis $^1/_4$ von dem Gesamtquerschnitte der Oefen, welche in die Esse münden. Die Kanäle zwischen der Esse und den Oefen dürfen nicht lang sein, und in Stahlschmelzereien hält man es zur

---

[1]) Begründung hierfür: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 43.

[2]) Bei der Verbrennung von 1 kg Kohlenstoffs zu Kohlensäure werden 8080 Wärmeeinheiten, bei der Verbrennung zu Kohlenoxydgas nur 2470 Wärmeeinheiten entwickelt.

Eine Wärmeeinheit (W. E.) ist die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 kg Wasser von Null Grad Temperatur auf 1 Grad zu erwärmen.

Erzielung einer gleichmässigen kräftigen Zugwirkung für zweckmässig, jedem Ofen eine eigene Esse zu geben.

Die untere Begrenzung dieser Zugschachtöfen für feste Brennstoffe wird durch einen Rost gebildet, durch welchen die Luft eintritt und die sich bildende Asche entfernt werden kann. Da aber die Temperatur unmittelbar oberhalb des Rostes noch verhältnismässig niedrig ist, und die eintretende kalte Luft, wenn sie den Fuss der Tiegel träfe, dessen starke Erwärmung unmöglich machen würde, stellt man die Tiegel auf je einen Untersatz von 6 bis 10 cm Höhe, dessen Durchmesser gleich dem Durchmesser des Tiegelfusses ist.

Bei Anwendung von Gebläsewind hat man zwar den Vorteil, unabhängig von dem Einflusse der Witterung und anderer Zufälligkeiten auf die Stärke des Essenzuges zu sein; zur Abführung der Verbrennungsgase aber bleibt immerhin auch in diesem Falle eine Esse unentbehrlich. Man kann einen solchen Gebläseofen ebenfalls mit Rost versehen und den Wind bei geschlossenem Aschenfalle unter den Rost führen; oder man lässt den Wind durch Seitenöffnungen (Windformen) in den Ofen treten. Wegen der bei letzterer Einrichtung grösseren Schwierigkeit, die Asche und Schlacke zu entfernen, ist sie nur bei Benutzung aschenarmer Brennstoffe gut anwendbar.

Fig. 6.

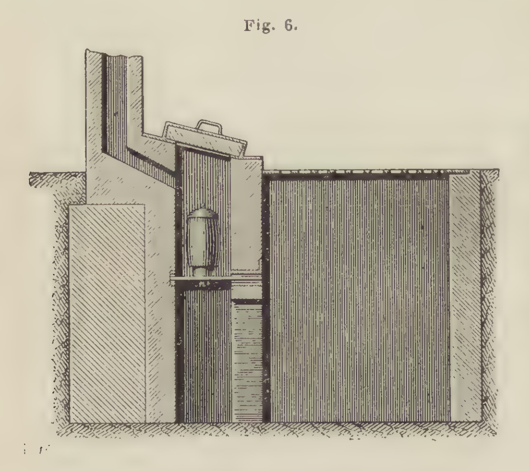
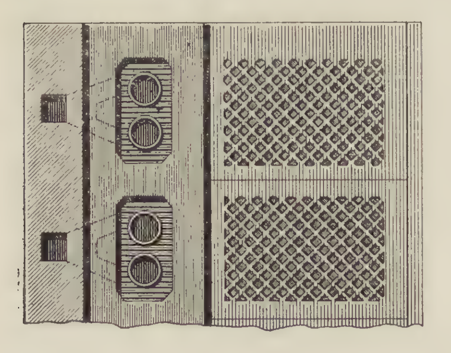


Fig. 7.



Ein Tiegelschachtofen von der üblichsten Einrichtung ist in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt. Er ist für die Heizung mit Koks bestimmt und für Essenzug eingerichtet; durch Schliessung des Aschenfalls würde man leicht im stande sein, ihn in einen Gebläseofen umzuwandeln. Mehrere gleiche Oefen liegen in einer Reihe und entlassen ihre Gase nach je einer Esse. Jeder Ofen ist für die Aufnahme von zwei Tiegeln bestimmt; hinter jedem der beiden Tiegel ist ein „Fuchs", d. h. ein Austrittskanal für die Verbrennungsgase, angeordnet. Man erzielt hierdurch eine gleichmässigere Verbrennung, als wenn man nur einen einzigen Fuchs in der Mitte zwischen beiden Tiegeln anbringt.

Die Art und Weise, wie die aus den Füchsen austretenden Gase vereinigt und der Esse zugeleitet werden, ist aus der Abbildung erkennbar. Die Gicht, d. h. die obere Oeffnung des Ofens, muss während des Schmelzens durch einen Deckel geschlossen gehalten werden, damit nicht kalte Luft von hier aus angesaugt werde und den Essenzug schwäche; der Deckel wird aus feuerfesten Ziegeln mit einer eisernen Umrahmung hergestellt und ist bei kleineren Oefen zum Abheben, bei grösseren häufig zum Aufklappen eingerichtet und durch eine Kette mit Gegengewicht entlastet.

Die inneren Begrenzungen des Schmelzraumes müssen natürlich ebenfalls aus feuerfesten Ziegeln (Schamottziegeln) aufgeführt werden.

Der abgebildete Ofen ist in Rücksicht auf die bequemere Bedienung soweit in den Erdboden eingebaut, dass die Gicht nur wenig über die Sohle des Schmelzraums herausragt. Man begegnet dieser Einrichtung häufig. Damit nun bei dieser Bauart der Zutritt der Luft unter den Rost nicht gehindert werde, ordnet man vor dem Ofen eine ausreichend weite und tiefe, mit durchbrochenen Gusseisenplatten abgedeckte Oeffnung an, welche zugleich als Zugang zum Aschenfalle dient. Die Abbildungen zeigen diese Einrichtung.

Immerhin ist eine gewisse Beschränkung der Zugwirkung hierbei unvermeidlich, und zur Erlangung eines gleich starken Zuges wie bei freistehenden Oefen ist eine kräftiger wirkende Esse erforderlich, sofern man nicht Unterwind zur Anwendung bringen will. In grösseren Schmelzereien verlegt man daher die Aschenfälle in weite, mit der äusseren Luft in ausreichender Verbindung stehende Kellerräume, um des Vorteils nicht verlustig zu gehen, welchen die vertiefte Lage der Oefen gewährt[1]); oder man ordnet den Arbeitsraum erhöht an, gewissermassen im ersten Stock des Gebäudes, während die Sohle des Aschenfalls sich zu ebener Erde befindet.

Die Weite der Tiegelöfen muss so bemessen werden, dass zwischen dem Tiegel und der Ofenwand und zwischen zwei benachbarten Tiegeln ein Abstand von etwa 6 cm bleibt. Allzu reichliche Abmessungen würden den Brennstoffverbrauch erhöhen, zu knappe die Gleichmässigkeit der Verbrennung behindern. Eine geeignete Höhe des Ofens (vom Roste bis zur Gicht gemessen) erhält man, wenn man der Höhe des Tiegels nebst Käse noch 50 bis 60 cm hinzurechnet. Der Fuchs wird dicht unter der Gicht angeordnet; der Gesamtquerschnitt aller zu einem Ofen gehörenden Füchse kann $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ des Ofenquerschnitts betragen.

Bei den Tiegelöfen der beschriebenen Art muss der Tiegel, wenn das Schmelzen beendet ist, mit einer Zange herausgehoben und an den Ort seiner Bestimmung befördert werden. Dadurch ist der Fassungsraum der Tiegel beschränkt, denn mit der Grösse des Tiegels wächst die Gefahr, dass er bei der Bewegung durch die Zange beschädigt werde, und dass das Metall alsdann ausfliesse. Bei einem von dem Franzosen Piat eingeführten Ofen ist diese Gefahr dadurch beseitigt, dass der ganze Ofen beweglich gemacht ist und die Entleerung des

---

[1]) Abbildungen einer solchen Einrichtung: Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens. Braunschweig 1875, Seite 635.

Tiegels durch Kippen des Ofens erfolgt. In Fig. 8 ist ein solcher Piatofen dargestellt, während Fig. 9 das Ausgiessen des geschmolzenen Metalls vor Augen führt. Der abgebildete Ofen wird mit Gebläsewind betrieben, welcher durch den in Fig. 8 sichtbaren Kanal von unten zugeführt wird. Ein Schieber in diesem Kanale ermöglicht die Regelung und Abstellung des Windes. Der Ofen kann von dem gusseisernen Rahmen, welcher auf dem Rande des Aschenfalls a ruht, abgehoben werden. Zwei eiserne Querstäbe, welche den Rost des Ofens tragen, haben ebenfalls auf diesem Rahmen ihre Auflage. In dem Ofen ist der entsprechend geformte Tiegel durch Keilstücke b aus Schamott, zwischen welchen die als Brennstoff dienenden Koks genügenden Raum zur Abwärtsbewegung finden, so befestigt, dass er mit dem Ofen emporgehoben und gekippt werden kann, ohne herausgenommen werden zu müssen. Der Tiegel wird dadurch geschont und der noch heisse Tiegel kann auch, ohne Abkühlung zu erleiden, wieder beschickt werden, wodurch Brennstoff gespart wird.

Fig. 8.

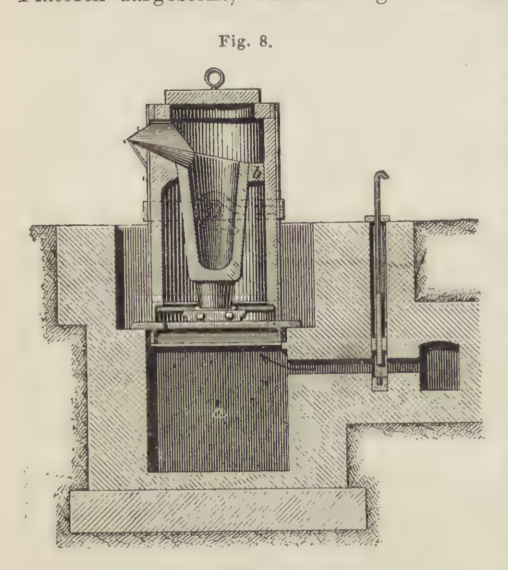
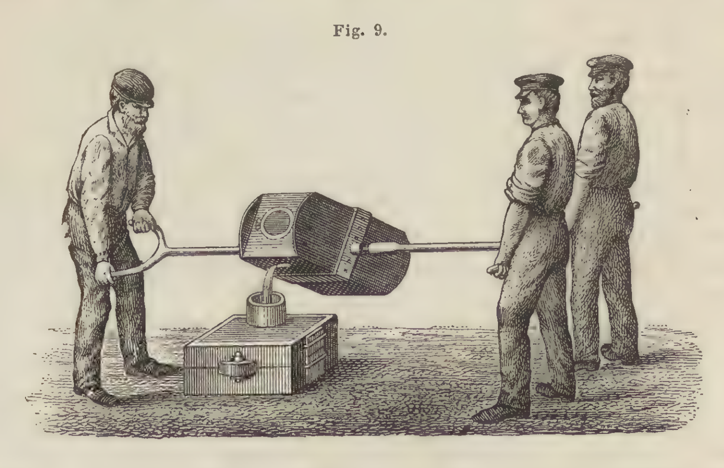


Fig. 9.

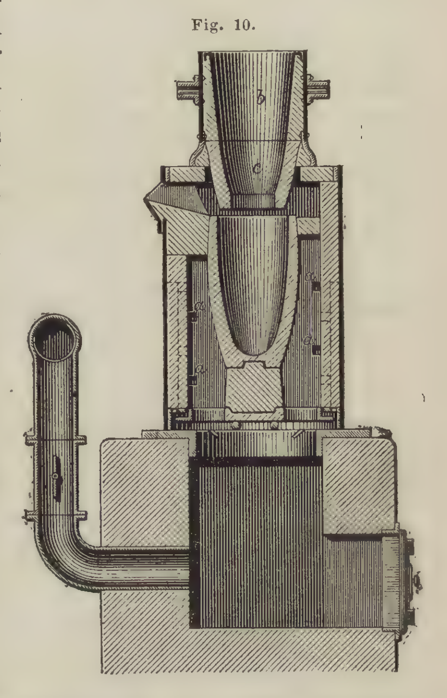


Aeusserlich ist der Ofen, damit die Bewegung ermöglicht werde, mit einem Eisenblechmantel versehen; ein herumlaufendes Eisenband trägt zwei Zapfen, an welche entweder, wie in der Abbildung, Handhaben gesteckt werden, oder ein Krahnbügel angreift, wenn das Gewicht des Ofens

zu beträchtlich ist, um das Tragen durch Handarbeit zu ermöglichen. Man gibt diesen Oefen Tiegel bis zu 300 kg Inhalt [1]).

Bei allen Tiegelöfen bleibt die Ausnutzung des Brennstoffs sehr ungünstig, da die Verbrennungsgase ungenutzt mit hoher Temperatur in die Esse entweichen. Schmelzt man mehrere Male nach einander, so lässt sich der Uebelstand abmindern, wenn man einen Teil der von den heissen Gasen mitgenommenen Wärme zum Vorwärmen des folgenden Einsatzes benutzt. Als ein Beispiel, wie der Zweck sich erreichen lässt, kann der in Fig. 10 abgebildete Ofen von R. Baumann in Oerlikon-Zürich dienen. Er ist, wie der Piatofen, beweglich und wird durch Gebläsewind betrieben. Der Wind strömt teils durch den Rost, teils durch Oeffnungen a a in den Ofen, welche durch Kanäle mit dem Raume unterhalb des Rostes verbunden sind. Oberhalb des Tiegels ist der Vorwärmer b angebracht, dessen unterer, aus Graphit gefertigter Teil c sich auswechseln lässt. Wenn der Vorwärmer auf den Deckel des Ofens gestellt und der links sichtbare Ausguss durch einen Thonpfropfen geschlossen ist, müssen die Gase über den Rand des Tiegels hinweg in den Vorwärmer eintreten, welcher mit Eisenstücken gefüllt ist. Man spart hierdurch Brennstoff, aber die Haupteigentümlichkeit des Tiegelschmelzens in gewöhnlicher Weise, dass das zu schmelzende Metall vor der Berührung mit dem Brennstoffe und den Verbrennungsgasen geschützt bleibt, kommt in Wegfall. Oefen dieser Art eignen sich mehr zum Schmelzen von Roheisen als von Stahl, welcher gegen jede chemische Beeinflussung empfindlicher ist [2]).

Fig. 10.



b) Tiegelflammöfen.

Die Benutzung von Oefen zum Tiegelschmelzen, in welchen die Tiegel nicht in Berührung mit festen Brennstoffen, wie in den zuvor besprochenen Oefen, sondern durch eine Flamme erhitzt werden, ist erst seit Einführung der Gasfeuerungen möglich geworden. Nur bei Gas-

[1]) Ueber sonstige Formen des Piatschen Schmelzofens vergleiche „Stahl und Eisen“ 1890, Seite 189.

[2]) Ueber sonstige neuere Oefen zum Tiegelschmelzen: Sitzungsberichte des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses 1898, Seite 190; Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1899, Tafel 9, Fig. 2 und 3.

feuerung kann man mit Sicherheit die erforderliche hohe Temperatur hervorbringen, welche das Tiegelschmelzen erheischt, und unter den verschiedenen Formen der Gasfeuerungen sind es vornehmlich die Siemensfeuerungen, nach ihren Erfindern W. und Fr. Siemens benannt, welche jenem Zwecke entsprechen und deshalb stets zur Anwendung kommen, wenn ein Tiegelschmelzen mit Flammenfeuerung stattfinden soll.

Die Eigentümlichkeit aller Siemensfeuerungen beruht auf der Anordnung von zwei Paar aus feuerfesten Ziegeln gebauten und mit feuerfesten Ziegeln gitterartig ausgesetzten Kammern, Wärmespeicher genannt, welche abwechselnd zur Aufnahme eines Teils der abziehenden Wärme und hierauf zur Erhitzung des zuströmenden Gases und der zuströmenden Verbrennungsluft dienen. Zu diesem Zwecke strömen durch das eine Paar dieser Wärmespeicher die aus dem Schmelzraume des Ofens austretenden heissen Gase hindurch, ehe sie nach der Esse entweichen, dabei die Ziegeln der Wärmespeicher erhitzend und sich selbst auf eine Temperatur von ungefähr 500 ° C. abkühlend; der eine der beiden anderen Wärmespeicher, welche beide zuvor in der nämlichen Weise erhitzt worden waren, wird von dem nach dem Ofen ziehenden unverbrannten Gase, der andere von der zur Verbrennung des Gases bestimmten Luft durchstrichen. Luft und Gas treffen im Verbrennungsraume des Ofens im hocherhitzten Zustande zusammen, und die Entwickelung einer sehr hohen Temperatur ist die Folge der stattgehabten Vorwärmung. Nach einer gewissen Zeit — gewöhnlich nach etwa 60 Minuten — muss mit Hilfe einer besonderen Umschaltvorrichtung die Richtung des Gas- und Luftstroms gewechselt werden; die Verbrennungsgase strömen nunmehr durch diejenigen beiden Wärmespeicher, welche zuvor ihre Wärme abgegeben hatten, sie aufs neue erhitzend, und die zuvor erhitzten Wärmespeicher dienen zur Vorwärmung des Gases und der Luft [1]).

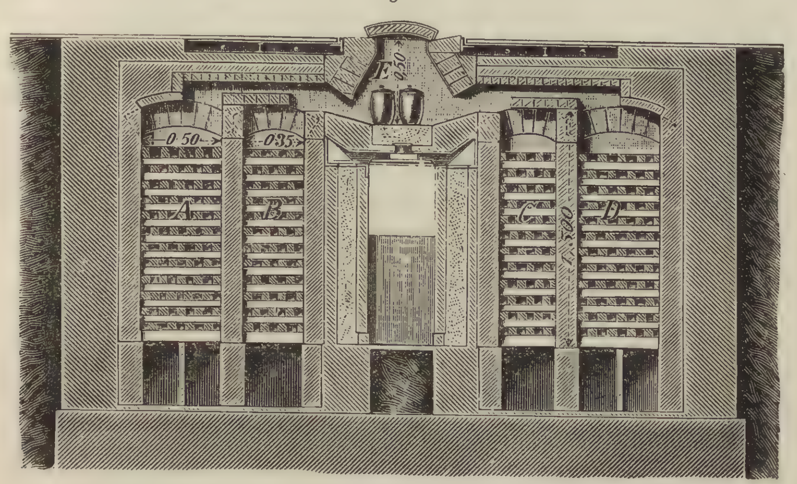
Zur Veranschaulichung dieser allgemeinen Einrichtung ist ein zum Tiegelschmelzen bestimmter Siemensofen a. f. S. in Fig. 11 im Längenschnitte abgebildet. A und B ist das eine Paar, C und D das andere Paar Wärmespeicher. Der breitere der beiden zu einander gehörenden Wärmespeicher dient zur Vorwärmung der Luft, der schmalere zur Vorwärmung des Gases; Luft und Gas strömen durch die unterhalb der Wärmespeicher befindlichen Kanäle zu und ab; die in der Abbildung nicht sichtbare Umsteuerungsvorrichtung liegt seitlich vom Ofen. Die Art und Weise, wie die zur Wärmeaufnahme bestimmten Ziegeln im den Wärmespeichern angeordnet sind, ist aus der Abbildung erkennbar. Gas und Luft steigen, von unten kommend, durch je einen Wärmespeicher empor, vereinigen sich vor dem Schmelzraume E und ziehen durch die gegenüberliegenden Wärmespeicher ab. Der Schmelzraum eines Ofens pflegt zur Aufnahme von vier bis sechs Tiegeln eingerichtet zu sein, welche in zwei Reihen nebeneinander angeordnet sind; gewöhnlich aber legt man mehrere Oefen unmittelbar nebeneinander an und umgibt sie mit einer gemeinschaftlichen Umfassungsmauer.

---

[1]) Näheres über die Einrichtung der Siemensfeuerungen: A. Ledebur, Die Gasfeuerungen. Leipzig 1891, Seite 87.

Der bequemeren Bedienung halber verlegt man auch diese Oefen — wie die gewöhnlichen Tiegelschachtöfen — in das Erdreich, so dass die Decke mit der Sohle des Giesshauses sich in einer Ebene befindet, oder nur wenig darüber hinausragt. Eine Oeffnung oberhalb der Tiegel, welche durch aufgelegte Deckel verschlossen gehalten wird, dient zum Einsetzen und Herausnehmen der Tiegel [1]).


Fig. 11.



Die Tiegelflammöfen haben vor den oben beschriebenen Schachtöfen den Vorteil voraus, dass man für ihren Betrieb rohe (nicht verkohlte) und deshalb billigere Brennstoffe benutzen kann, um das erforderliche Heizgas zu erzeugen; dass die Ausnutzung der Wärme günstiger ist; dass die Tiegel in jedem Augenblicke zugänglich sind und mit der Asche des Brennstoffs nicht in Berührung treten. Die Anlage- und Unterhaltungskosten eines Siemensofens zum Tiegelschmelzen aber sind um ein vielfaches höher, als die eines einfachen Schachtofens, und die beschriebene Wirkungsweise des Ofens macht es erforderlich, dass er unausgesetzt im Betriebe erhalten werde. Für einen kleineren Betrieb würde ein Siemensofen durchaus ungeeignet sein. Zur Tiegelstahlerzeugung in grossem Massstabe werden diese Oefen mit Vorteil benutzt, zumal wenn der gewonnene Stahl nicht allein für die Giesserei, sondern auch für andere Zwecke bestimmt ist; zum Roheisenschmelzen, welches ohnehin nicht jener hohen, in Siemensöfen erreichbaren Temperatur bedarf, kommen sie schwerlich jemals zur Verwendung.

4. Das Arbeitsverfahren und die Betriebsergebnisse.

Die Arbeit beginnt mit dem Füllen der Tiegel, wobei man Sorge zu tragen hat, dass die einzelnen Stücke möglichst dicht liegen und im Tiegel keinen freien Raum übrig lassen. Beim Roheisenschmelzen füllt

---

[1]) Ueber die Einrichtung neuerer Tiegelschmelzöfen mit Siemensfeuerung, welche oberhalb des Erdbodens angeordnet sind und von der Seite aus bedient werden, vergleiche „Stahl und Eisen" 1891, Seite 453; über die Einrichtung von Tiegelschmelzöfen mit Siemensfeuerung überhaupt: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 894.

man die bereits fertig gebrannten Tiegel kalt und setzt sie dann in den Ofen ein; in kleinen Stahlgiessereien, welche in Schachtöfen schmelzen, verfährt man entweder in der nämlichen Weise oder man setzt den leeren Tiegel ein und füllt ihn, wenn er warm geworden ist, mit Hilfe eines Blechtrichters. Beim Schmelzen in Siemensöfen dagegen füllt man die getrockneten, aber noch nicht gebrannten Tiegel, erhitzt sie allmählich in einem Glühofen auf Rotglut und bringt sie nunmehr erst in den bereits in voller Temperatur befindlichen Schmelzofen.

Schmelzt man graues Roheisen im Tiegel für Darstellung gewöhnlichen Graugusses, so hat man einen Einsatz zu wählen, dessen Zusammensetzung ungefähr die gleiche ist als die, welche der zu giessende Gegenstand besitzen soll. Weiches, mässig siliciumreiches Brucheisen bildet in den meisten Fällen das geeignetste Material; fehlerhaft würde es sein, ein mit Graphit überladenes, sehr siliciumreiches Roheisen einzusetzen, welches bei anderen Schmelzverfahren gute Dienste leisten kann, beim Tiegelschmelzen aber sich wenig bewähren würde.

Bei Darstellung schmiedbaren Gusses muss der Einsatz aus weissem Roheisen bestehen, dessen erforderliche Zusammensetzung bei Besprechung dieses Verfahrens (im sechsten Abschnitte) ausführlichere Erörterung findet.

Für Tiegelstahlerzeugung pflegt der Einsatz zwar in denjenigen Fällen, wo man Werkzeugstahl darstellen will, seiner Hauptmenge nach aus den vorzüglichsten Sorten Schweissstahls oder Zementstahls zu bestehen, welche Stahlsorten besonders für diesen Zweck gefertigt werden; bei Gusswarendarstellung dagegen ersetzt man jene kostspieligen Stahlsorten zum grossen Teile oder ganz durch billigeren Martin- oder Bessemerstahl, Stahlabfälle und dergleichen mehr. Rücksicht ist bei der Auswahl des Einsatzes auf den Kohlenstoffgehalt der herzustellenden Gussstücke zu nehmen, von welchem in erster Reihe deren Eigenschaften abhängen, und auf den Umstand, dass der Kohlenstoff des Einsatzes erhebliche Aenderungen beim Tiegelschmelzen nicht zu erleiden pflegt [1]). Häufig setzt man bei Formgussdarstellung eine kleine Menge grauen Roheisens oder Siliciumeisens dem Einsatze zu (z. B. auf 100 Teile Stahl 2 Teile Siliciumeisens mit 10 v. H. Silicium), um dem Stahle einen mässigen Siliciumgehalt zuzuführen, welcher die Entstehung dichter Güsse befördert; sofern der eingesetzte Stahl nicht schon selbst manganhaltig war, gibt man auch wohl einen kleinen Zusatz von Eisenmangan. Keinesfalls darf jedoch der Mangangehalt des Einsatzes erheblich über 1 % hinausgehen.

Falls ein Aluminiumzusatz zur Abminderung der Gasblasenbildung zweckmässig erscheint, wird dieser erst bei Beendigung des Schmelzens in Form von reinem Aluminium oder Aluminiumeisen gegeben. Beim Tiegelstahlschmelzen vermag jedoch dieser Zusatz nur dann einen Vorteil zu gewähren, wenn das Metall nicht sehr reich an Kohlenstoff, Mangan und Sicilium ist, und in keinem Falle darf die Menge des zugesetzten Aluminiums über 0,1 v. H. des Einsatzgewichts betragen.

Die gefüllten Tiegel werden durch einen Deckel geschlossen, und das Schmelzen beginnt.

---

[1]) Von dem Einflusse, welchen die Beschaffenheit der Tiegel in dieser Beziehung ausübt, wird unten die Rede sein.

Einfach ist nun der fernere Verlauf des Verfahrens beim Schmelzen grauen Roheisens. Man wartet, bis alles geschmolzen und entsprechend überhitzt ist und kann dann zum Herausnehmen des Tiegels schreiten.

Etwas grössere Sorgfalt erfordert das Schmelzen des für Darstellung schmiedbaren Gusses erforderlichen Weisseisens. Zur Erlangung dichter Güsse ist es notwendig, das geschmolzene Metall noch einige Zeit im Tiegel flüssig zu erhalten, es „gar“ werden zu lassen. Erst dann darf das Herausnehmen der Tiegel erfolgen.

Am schwierigsten ist die Aufgabe, durch Schmelzen einen zum Giessen brauchbaren Stahl zu gewinnen. Dieses Verfahren, die Erzeugung des Tiegelstahls aus anderen Stahlsorten, gehört seinem Wesen nach in das Gebiet der Eisenhüttenkunde, und nur seine Haupteigentümlichkeiten können hier Erwähnung finden.

Sobald die Schmelzung begonnen hat, tritt ein Kochen des Metalls ein, durch entstehende und entweichende Gase hervorgerufen. Der Hauptbestandteil dieser Gase ist Kohlenoxydgas, welches durch die Einwirkung von Eisenoxyden (Rost, Glühspan, eingeschlossene Schlacke) auf den Kohlenstoffgehalt des Stahls sich bildet. Mit Hilfe einer Eisenstange, welche durch eine Oeffnung des Tiegeldeckels hindurchgesteckt wird, untersucht der Schmelzer von Zeit zu Zeit die Beschaffenheit des Metalls, überzeugt sich, ob alles geschmolzen ist, und beurteilt nach dem Aussehen der an der Stange haftenden Schlacke den Verlauf des Schmelzens. Anfangs ist sie schwarz und blasig, später wird sie heller und dichter. Erstarrter Stahl setzt sich nur anfänglich an der Stange fest; gegen Ende des Schmelzens muss das Metall so dünnflüssig geworden sein, dass die Stange mit reiner Oberfläche wieder herauskommt.

Wollte man nun den Stahl sofort ausgiessen, sobald er geschmolzen und dünnflüssig geworden ist, so würde er in der Form nochmals heftig kochen, und die Erzielung dichter Abgüsse würde unmöglich werden. Man vermeidet diesen Misserfolg, indem man den flüssigen Stahl, nachdem das Kochen aufgehört hat, etwa eine halbe Stunde lang „abstehen“ lässt, d. h. der ruhigen Erhitzung preisgibt. Im Schachtofen hört man mit dem Nachschütten frischer Koks auf und lässt die im Ofen vorhandenen niederbrennen, im Gasofen regelt man die Temperatur durch entsprechende Zuführung von Gas und Luft. Erst dann ist der Stahl „gar“.

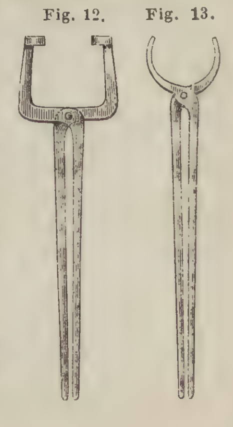


Fig. 12. Fig. 13.

Sofern man nicht eines Kippofens (Piatofens, Baumannofens) sich zum Schmelzen bediente, sind Zangen erforderlich, um die mit flüssigem Roheisen oder Stahl gefüllten Tiegel aus dem Ofen herauszuheben und später zu entleeren. Zum Herausheben pflegt man sich einer Zange, wie in Fig. 12 dargestellt ist, zu bedienen, deren Maul, während die Schenkel in senkrechter Stellung sich befinden, mit zwei halbkreisförmigen Backen den Bauch des Tiegels umfasst. Der herausgehobene Tiegel wird alsdann an geeigneter Stelle niedergesetzt und mit der Zange Fig. 13, deren Schenkel beim Gebrauche wagerechte Lage einnehmen, erfasst, um gekippt zu werden. Zur Bewegung schwerer Tiegel hängt man die Zangen in Ketten, welche, wenn der Tiegel

auf grössere Entfernungen fortbewegt werden soll, an einer Laufkatze befestigt sind, die auf erhöhten Schienen rollt.

Wie beim Giessen überhaupt ist auch beim Giessen des im Tiegel geschmolzenen Metalls eine zu hohe Temperatur für das Gelingen des Gusses gefährlich. Wenn daher starke Ueberhitzung beim Schmelzen im allgemeinen günstig auf die Beschaffenheit des Metalls einwirkt, so ist doch vor dem Ausgiessen eine um so längere Abkühlung (durch ruhiges Stehenlassen) notwendig, je stärker die vorherige Ueberhitzung gewesen war. Näheres hierüber im vierten und fünften Abschnitte.

Die Zeitdauer des Schmelzens hängt von der Grösse des Einsatzes und der Beschaffenheit des Metalls ab. Beim Roheisenschmelzen pflegt sie 2 bis 3 Stunden, beim Stahlschmelzen 4 bis 5 Stunden zu betragen.

In Schachtöfen gebraucht man zum Schmelzen von 100 kg Roheisen durchschnittlich 100 kg Koks, zum Schmelzen von Stahl 200 bis 300 kg. Im Piatofen mit grossem Tiegel soll, wenn man den heissen Tiegel sofort wieder benutzt, der Brennstoffverbrauch zum Stahlschmelzen nicht mehr als 110 kg, in Baumannöfen beim Roheisenschmelzen weniger als 100 kg betragen.

In Siemensflammöfen pflegt der Brennstoffaufwand für 100 kg Stahl 120 bis 150 kg Steinkohlen zu betragen.

5. Der chemische Verlauf des Tiegelschmelzens.

Obschon beim Schmelzen in Tiegeln die Einwirkungen des Brennstoffs und der Verbrennungsgase ziemlich vollständig ferngehalten werden, sofern der Tiegel durch einen aufgelegten Deckel gut verschlossen gehalten wird, bleibt doch das eingeschlossene Metall keineswegs so gänzlich unverändert, wie man früher anzunehmen pflegte.

Zwischen den Metallstücken ist Luft eingeschlossen, mit den Metallstücken werden oxydische Körper — Rost, Glühspan — in den Tiegel gebracht. Beim Einschmelzen bildet sich demnach zunächst eine eisenreiche Schlacke, welche oxydierend auf einzelne Bestandteile des Einsatzes einwirkt. Zunächst werden Mangan und Silicium, neben diesen auch der Kohlenstoff durch die Oxydation betroffen. Der Gehalt an diesen Körpern verringert sich.

Im weiteren Verlauf des Schmelzens aber tritt hinsichtlich des Kohlenstoff- und Siliciumgehalts Ausgleich ein. Die Schlacke, deren Menge sich durch Aufnahme von Bestandteilen der Tiegelwände vermehrt hat, ist eisenärmer geworden und hat ihre oxydierende Kraft verloren; aus den kohlenstoffhaltigen Tiegeln — man benutzt, wie früher erwähnt wurde, stets Graphittiegel — nimmt das flüssige und hocherhitzte Metell wieder Kohlenstoff auf, und durch den Kohlenstoffgehalt wird wiederum Silicium aus dem Kieselsäuregehalte des Tiegels reduziert.

Das Endergebnis nach längerem Schmelzen ist demnach in der Regel: der Mangangehalt hat sich verringert, der Siliciumgehalt hat sich vermehrt, sofern er nicht schon vor dem Schmelzen hoch war, der Kohlenstoffgehalt ist annähernd gleich geblieben, wenn er vor dem

Schmelzen 3 v. H. oder darüber betrug, oder hat etwas zugenommen, wenn er zuvor niedrig war [1]).

Welches Mass diese Veränderungen erreichen, hängt von der ursprünglichen Zusammensetzung des Einsatzes, von der Beschaffenheit der Tiegel und von der herrschenden Temperatur ab. Ein hoher Mangangehalt des Einsatzes, reicher Graphitgehalt der Tiegel und hohe Temperatur des Schmelzraums befördern die Aufnahme von Silicium und Kohlenstoff.

Nachstehende Beispiele [2]) können zur Veranschaulichung jener Veränderungen dienen, welche Roheisen und Stahl beim Tiegelschmelzen erleiden.

1. Weisses Roheisen im Graphittiegel aus 3 Teilen Graphit und 3 1/4 Teilen Thon geschmolzen:

	Kohlenstoff	Silicium	Mangan
Vor dem Schmelzen . . .	3,59	0,07	2,04
Nach einmaligem Schmelzen	3,71	0,58	1,91
„ zweimaligem „	3,77	0,76	1,85
„ dreimaligem „	3,63	1,07	1,86

2. Stahl, in eben solchen Tiegeln wie das vorerwähnte Roheisen geschmolzen:

	Kohlenstoff	Silicium	Mangan
Vor dem Schmelzen . . .	0,94	0,02	0,24
Nach einmaligem Schmelzen	1,19	0,35	nicht best.
„ zweimaligem „	1,26	0,63	0,22

3. Stahl, versuchsweise im Thontiegel ohne Graphit geschmolzen:

	Kohlenstoff	Silicium	Mangan
Vor dem Schmelzen . . .	0,94	0,06	nicht best.
Nach einmaligem Schmelzen	0,49	0,11	„ „

4. Stahl, versuchsweise im Thontiegel ohne Graphit geschmolzen:

	Kohlenstoff	Silicium	Mangan
Vor dem Schmelzen . . .	0,96	0,09	nicht best.
Nach einmaligem Schmelzen	0,77	0,15	„ „
„ zweimaligem „	0,55	0,26	„ „

Ein Vergleich der Beispiele 1 und 2 mit den Beispielen 3 und 4 lässt deutlich den Einfluss des Graphitgehalts der Tiegel erkennen: in Graphittiegeln nimmt der Kohlenstoffgehalt zu und zwar beim Schmelzen des Stahls in reicherem Masse als beim Schmelzen des bereits stärker mit Kohlenstoff gesättigten Roheisens; beim Schmelzen in graphitfreien Thontiegeln nimmt er ab. Der Siliciumgehalt erfährt zwar in beiden Fällen eine Zunahme, die jedoch in Graphittiegeln bedeutender ist als in Thontiegeln.

---

[1]) Je niedriger der Kohlenstoffgehalt des Eisens ist, desto stärker ist dessen Neigung, noch Kohle aufzunehmen; je mehr er sich dem Sättigungsgrade (etwa 4,8 v. H. bei Abwesenheit anderer Fremdkörper) nähert, desto geringer wird jene Neigung.

[2]) Aus „Stahl und Eisen“ 1885, Seite 179, und 1886, Seite 695 (Müller).

Für die Benutzung des weissen Roheisens wie des Stahls zu Giessereizwecken ist jene Anreicherung des Siliciumgehalts fast immer von Vorteil; denn das aufgenommene Silicium verhindert, wie schon bei anderer Gelegenheit erwähnt wurde, die Gasentwickelung, verringert durch seinen Einfluss auf die Kohlenstoffformen das Schwindmass des Metals und erleichtert durch beide Einwirkungen die Erzielung fehlerfreier Abgüsse. Ob die stattfindende Kohlenstoffanreicherung von Nutzen sei oder nicht, hängt von der Bestimmung der Abgüsse ab, und in jedem Falle lässt sich ihr durch entsprechende Wahl des Einsatzes von vornherein Rechnung tragen.

Eine Abnahme des Silicium- und Kohlenstoffgehalts kann beim Tiegelschmelzen stattfinden, wenn man versäumt, den Einsatz durch einen aufgelegten Deckel vor der Einwirkung der Verbrennungsgase zu schützen. Beim Schmelzen grauen Roheisens kommt dieser Fall mitunter vor.

III. Das Schmelzen im Flammofen.

1. Haupteigentümlichkeiten des Verfahrens.

Die Anwendung von Flammöfen zum Schmelzen von Gusseisen ist seit Mitte des vorigen Jahrhunderts üblich geworden. Stahl dagegen schmelzt man im Flammofen (Martinofen) erst seit 1865, nachdem man zuvor durch Erfindung der Siemensfeuerungen (Seite 88) die Möglichkeit erlangt hatte, die hierfür erforderliche höhere Temperatur hervorzubringen.

Auf dem Herde des Ofens wird das Metall, ohne durch einen Tiegel geschützt zu sein, von der vorüberziehenden Flamme geschmolzen. Es ist daher allen chemischen Einwirkungen der Flamme und der bereits verbrannten Gase ungeschützt preisgegeben.

Jene Einwirkungen bestehen vorzugsweise in einer Oxydation. Der mit dem schmelzenden und geschmolzenen Eisen in Berührung tretende Gassstrom enthält neben dem von der Verbrennungsluft zugeführten und bei der Verbrennung unverändert bleibenden Stickstoff Kohlensäure, Wasserdampf und freien Sauerstoff in reichlichen Mengen, und diese Körper wirken sämtlich kräftig oxydierend auf verschiedene Bestandteile des Eisens ein. Je mehr der freie Sauerstoff beim Fortschreiten der Verbrennung in der Flamme abnimmt, desto reichlicher finden sich Kohlensäure und Wasserdampf, desto stärker oxydierend wird in der That die Wirkung der Flamme, weil mit dem freien Sauerstoff auch die zuvor anwesenden, die Oxydationskraft abschwächenden unverbrannten Körper — Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas — verschwinden. Ohne einen gewissen Sauerstoffüberschuss aber würde es gar nicht möglich sein, eine annähernd vollständige Verbrennung und die zum Schmelzen des Eisens erforderliche Temperatur hervorzubringen.

Von den Bestandteilen des Einsatzes werden durch jene Oxydationswirkung vorwiegend Silicium, Mangan, Kohlenstoff sowie das Metall Eisen selbst betroffen und ausgeschieden. Die Reihenfolge, in welcher

die genannten Körper verbrennen, hängt ab teils von dem Verdünnungsgrade, in welchem sie sich befinden, d. h. von dem Gehalte des Einsatzes an ihnen, teils von ihrer eigenen Verwandschaft zum Sauerstoff, welche aber wiederum durch die herrschende Temperatur beeinflusst wird, teils auch von dem Zustellungsmaterial des Ofens. Einiges Nähere hierüber wird unter 4. mitgeteilt werden.

Sind die benutzten Brennstoffe reich an Schwefel, so ist eine Aufnahme dieses Körpers durch das flüssige Eisen aus dem Gassstrome nicht unmöglich.

Die in kurzen Zügen gekennzeichnete Einrichtung der Flammöfen ermöglicht das Verschmelzen weit grösserer Einsätze als im Tiegelofen und gestattet zugleich eine günstigere Ausnutzung der Wärme. Es kommt hinzu, das man auch grosse Eisenstücke — Ausschuss, Alteisen, verlorene Köpfe u. a. m. — ohne sie einer weitgehenden und oft kostspieligen Zerkleinerung unterziehen zu müssen, im Flammofen schmelzen kann, und gerade dieser Umstand gibt nicht selten den Ausschlag für die Wahl eines Flammofens an Stelle des später zu besprechenden Kupolofens.

Dem Fassungsraume des Flammofens aber muss die Grösse des jedesmaligen Einsatzes entsprechen, und ein Schmelzen kleinerer Einsätze in solchen Fällen, wo etwa der Bedarf an flüssigem Metall geringer ist, würde nur unter Mehrverbrauch an Brennstoff (auf die Gewichtseinheit des geschmolzenen Metalls bezogen) möglich sein. Ehe nicht der ganze Einsatz geschmolzen ist, würde eine Entnahme flüssigen Metalls nicht thunlich sein; denn wie die Temperatur des Wassers beim Schmelzen des Eises nicht über Null Grad steigt, so lange noch Eis vorhanden ist, kann auch eine erhebliche Ueberhitzung des flüssigen Metalls im Flammofen nicht eintreten, bevor nicht alles eingesetzte Metall geschmolzen ist. Eine Ueberhitzung aber ist beim Flammofenschmelzen wie bei anderen Schmelzverfahren notwendig, teils, weil dadurch erfahrungsmässig die Eigenschaften des Metalls günstig beeinflusst zu werden pflegen, teils, weil der beim Abstechen und Giessen unvermeidlichen Abkühlung Rechnung getragen werden muss.

Diese Eigentümlichkeiten des Giesserei-Flammofens erklären es, dass das Gebiet, auf welchem er Verwendung findet, ziemlich eng umgrenzt ist. Zum Schmelzen kleiner Metallmengen ist er überhaupt nicht geeignet. In Eisengiessereien bedient man sich seiner, wenn der ganze Einsatz zum Gusse eines einzigen oder doch nur weniger grosser Gegenstände, z. B. von Walzen, verwendet werden kann, und zumal dann erweist er sich in solchen Fällen als nützlich, wenn zugleich gröbere, schwierig zu zerkleinernde Abfall- und Ausschussstücke wieder eingeschmolzen werden sollen; in Stahlgiessereien findet der Flammofen (Martinofen) Verwendung, wenn ein Schmelzbetrieb im grossen Massstabe möglich ist. Der Betrieb dieser Stahlschmelzöfen besteht jedoch nicht in einem einfachen Wiedereinschmelzen des Einsatzes, wie der Betrieb der Eisengiessereiflammöfen, sondern es findet, wie schon an anderer Stelle erwähnt wurde, eine hüttenmännische Erzeugung von Stahl oder Flusseisen aus verschiedenen anderen Eisengattungen statt.

2. Die Flammöfen.

Damit das geschmolzene Metall sich an bestimmter Stelle sammele, muss der Herd des Ofens, d. h. derjenige Teil, auf welchem die Schmelzung von statten geht, mulden- oder sumpfartige Form bekommen, und an der tiefsten Stelle dieses Sammelraums muss sich das während des Schmelzens durch einen Thonpropfen verschlossene „Stichloch“ befinden, durch dessen Oeffnen die Entleerung des Ofens von dem flüssigen Metalle bewirkt wird.

Der Herdsohle der zum Gusseisenschmelzen bestimmten Flammöfen gibt man eine geneigte Lage, und man stellt das ungeschmolzene Metall an der höchstgelegenen Stelle auf. Auf diese Weise wird die Sohle des tiefer gelegenen Sammelraums durch die vorüberziehende Flamme stark erhitzt, ehe noch das Metall flüssig wird; beginnt nun dieses zu schmelzen, so fliesst es auf der geneigten Herdsohle abwärts, um sich auf der bereits vorgewärmten tiefsten Stelle zu sammeln, und wird auf diese Weise vor Abkühlung geschützt.

Da die Flammöfen der meisten Eisengiessereien nicht täglich, sondern nur von Zeit zu Zeit, wenn eben ein entsprechend grosser Guss ausgeführt werden soll, in Benutzung genommen werden, ist Rostfeuerung zu ihrer Heizung am üblichsten. Denn Gasfeuerungen, so vortrefflich sie auch für viele andere Zwecke sich bewährt haben, sind nicht allein kostspieliger in der Anlage, sondern sie besitzen auch die Eigentümlichkeit, dass ihre Vorteile erst bei länger fortgesetztem Betriebe zur Geltung gelangen. Ganz besonders gilt dieses von den Siemensfeuerungen, welche mindestens 24 Stunden lang geheizt werden müssen, bevor sie für ihren eigentlichen Zweck brauchbar sind, während ein gewöhnlicher Giessereiflammofen schon nach sechs- bis achtstündigem Heizen seine Aufgabe erfüllt hat und zum Abstechen bereit ist, um dann wieder kalt gelegt zu werden. Es würde widersinnig sein, für solche Fälle Siemens- oder ähnliche Gasfeuerungen in Benutzung zu nehmen. Für die im sechsten Abschnitte besprochene Darstellung schmiedbaren Gusses kommen allerdings Siemensöfen mitunter in Anwendung, wenn der Betrieb umfänglich genug ist, um ihre Anlage zu rechtfertigen.

Nicht zu entbehren sind ferner Siemensfeuerungen zum Stahlschmelzen im Flammofen, und aus diesem Grunde ist dieses Verfahren überhaupt nur anwendbar, wo ein ununterbrochener Betrieb stattfinden und eine regelmässige Verwertung der hierbei erfolgenden reichlichen Menge flüssigen Metalls erzielt werden kann.

Die üblichste Einrichtung eines mit Rostfeuerung versehenen Giessereiflammofens zum Roheisenschmelzen ist in den Abbildungen Fig. 14 bis 16 dargestellt. Der abgebildete Ofen ist zum Schmelzen von Roheisensätzen im Gewichte von 5 t eingerichtet. Das Innere des Ofens bildet einen Kanal, in welchem die Feuerungsgase von dem Roste bis zur Esse sich fortbewegen, dabei unausgesetzt Wärme an die Umfassungswände und an das eingesetzte Metall abgebend. Trotz dieser stetigen Wärmeabgabe soll aber eine hohe und annähernd gleichmässige Temperatur auf dem ganzen Herde des Ofens herrschen. Man erreicht den Zweck, indem man den Querschnitt des Ofens in der Richtung des Flammenstromes mehr und mehr verengt, soweit es der Zweck des Ofens ermöglicht,

und die Gase am Ende des Herdes durch einen verhältnismässig engen Kanal, den Fuchs, nach der Esse führt. Je enger der Ofenquerschnitt

Fig. 14.

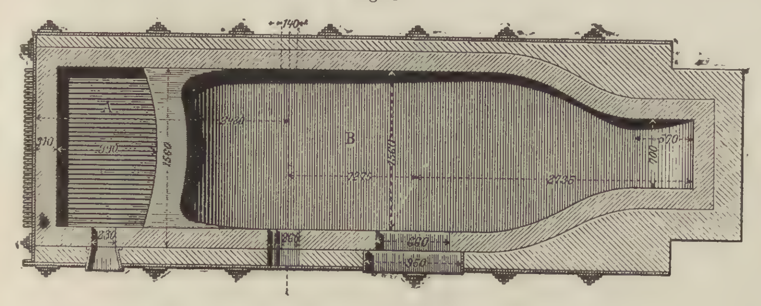


Fig. 15.

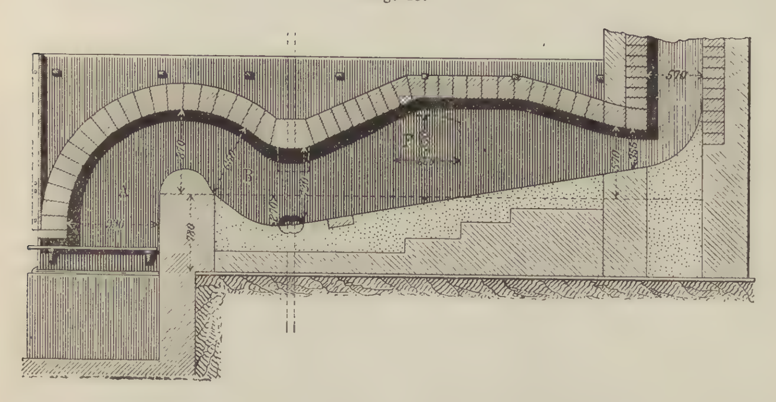
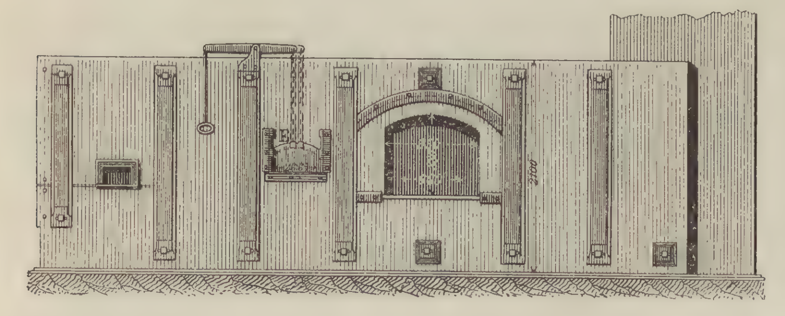


Fig. 16.



ist, desto weniger Wärme geben die Gase ab, desto weniger rasch werden sie abgekühlt; ausserdem befördert man erfahrungsmässig durch die Anordnung des Fuchses — wenigstens bei Flammöfen mit Rostfeuerung — die Erzielung einer vollständigen Verbrennung und hierdurch

einer hohen Temperatur. Die Wirkung des Fuchses hierbei ist derjenigen der Verengung eines Lampencylinders bei Petroleumlampen ähnlich. In verschiedener Richtung strömen die Teilchen des Gasgemenges der engen Ausgangsöffnung zu, prallen mit grosser Geschwindigkeit aufeinander, mischen sich und finden hierbei günstigere Gelegenheit zur chemischen Vereinigung, als wenn sie in paralleler Richtung nebeneinander herzögen. Auch der Umstand, dass die Wände des Fuchses und seiner nächsten Umgebung durch den rasch sich fortbewegenden Gasstrom besonders stark erhitzt werden, trägt zur Erzielung einer vollständigen Verbrennung der in dem austretenden Gasstrome noch befindlichen unverbrannten Teilchen bei[1]).

Am günstigsten für die Ausnutzung des Brennstoffs würde hiernach eine solche Ofenform sein, bei welcher der Grundriss Trapezform besitzt und die Decke sich vom Roste an bis zum Fuchse der Sohle mehr und mehr nähert. In Rücksicht auf die Notwendigkeit, dem Herde den erforderlichen Fassungsraum für das geschmolzene Metall zu geben und zugleich das Einsetzen grösserer Eisenstücke zu ermöglichen, lässt sich jedoch jene Form nicht genau innehalten.

Giessereiflammöfen von der Form, welche die Abbildung zeigt, nennt man Sumpföfen oder Staffordshireöfen.

Der Feuerungsraum A ist durch die quer durch den Ofen hindurchziehende Feuerbrücke von dem tiefliegenden Sammelraume B für das geschmolzene Eisen getrennt; an der tiefsten Stelle des Sammelraumes (Sumpfes) befindet sich in einer der langen Seiten des Ofens das Stichloch. Oberhalb desselben ist eine durch eine Thür E (Fig. 16) verschliessbare Schauöffnung angebracht. Von hier an steigt die Herdsohle stetig bis zum Fuchse; unmittelbar vor dem letzteren, bei F, befindet sich eine ausreichend grosse Thüröffnung in der Wand des Ofens, durch welche das zu schmelzende Roheisen eingesetzt wird. Während des Schmelzens wird die Oeffnung durch eingesetzte Steine verschlossen gehalten. Beim Schmelzen fliesst das Roheisen die Herdsohle hinab, dem Gasstrome entgegen, um sich unterhalb der Feuerbrücke zu sammeln. Die Sohle dieses Sammelraumes muss nun, damit nicht das geschmolzene Metall beim längeren Stehen von unten her abgekühlt werde, gut vorgewärmt sein, und während des Schmelzens muss auch von oben her das schon flüssige Metall warm gehalten werden. Zur Erreichung dieses Zweckes ist es erforderlich, dass die gewölbte Decke des Ofens, wie aus der Abbildung ersichtlich ist, der Form des Herdes folge, mithin unmittelbar hinter der Feuerbrücke sich senke, so dass die darunter hinziehende Flamme in nahe Berührung mit der Herdsohle und der Oberfläche des flüssigen Eisens gebracht werde. Von hier aus steigt dann die Decke mit der Herdsohle wieder empor, und zwar gibt man ihr gewöhnlich, wie auch bei dem vorliegend gezeichneten Ofen, auf

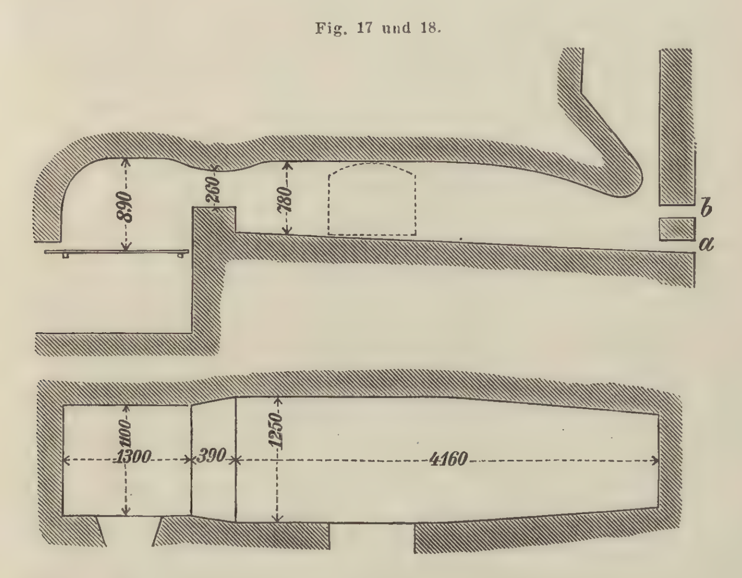
---

[1]) Je weiter die Flamme sich von ihrer Wurzel, d. h. dem Roste, entfernt, desto reicher wird sie an Verbrennungsgasen (Kohlensäure und Wasserdampf), welche verdünnend auf die noch anwesenden unverbrannten Bestandteile und den freien Sauerstoff einwirken, desto grösser wird die Schwierigkeit, die chemische Vereinigung herbeizuführen. Gerade aus diesem Grunde ist die Anbringung des Fuchses am Ausgange eines Flammofens von Bedeutung für den Verlauf der Verbrennung.

Kosten der Wärmeausnutzung eine noch etwas beträchtlichere Steigung als der Sohle, um bei der Einsatzthür einen für das Einsetzen grosser Roheisenstücke ausreichend grossen Abstand zwischen Sohle und Decke zu erhalten.

Jene gebrochene Form der Ofendecke erschwert einigermassen die Herstellung nnd beeinträchtigt die Haltbarkeit. Je tiefer das Gewölbe abwärts gezogen ist, desto stärker wird zwar der Sumpf mit dem angesammelten Gusseisen erhitzt, desto mehr ist aber auch das Gewölbe an dieser Stelle dem Wegschmelzen ausgesetzt. Die Herstellung dieser eigentümlichen Gewölbform wird bewirkt, indem man an der tiefsten Stelle einen Bogen aus besten feuerfesten Ziegeln quer über den Herd legt und von diesem die beiden von rechts und links kommenden Gewölbe tragen lässt.

Fig. 17 und 18.



Eine ältere, jetzt weniger gebräuchliche Form der Giessereiflammöfen ist in Fig. 17 und 18 skizziert. Man nennt Oefen dieser Art Flammöfen mit gestrecktem Herde[1]). Das Roheisen wird hier unweit von der Feuerbrücke eingesetzt, fliesst in der Richtung des Gasstromes die Sohle hinab und sammelt sich am Ende des Ofens, um von hier durch ein in dessen Stirnseite angebrachtes Stichloch a abgelassen zu werden. Die Gase entweichen durch den in der Decke des Ofens angebrachten Fuchs. b ist eine Schauöffnung. Man schreibt derartigen Oefen eine weniger günstige Ausnutzung der Wärme zu, obschon die Erfahrung nicht immer diese Annahme bestätigt. Berech-

[1]) Ein solcher Flammofen aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts, in seiner Einrichtung fast genau mit dem hier skizzierten übereinstimmend, ist abgebildet in Jars, Metallurgische Reisen, deutsch von Gerhard, Berlin 1777, Band I, Seite 352. Der hier abgebildete ist in einer Siegenschen Giesserei in Benutzung.

tigter dürfte der Einwurf sein, dass das Roheisen, welches im geschmolzenen Zustande der Stichflamme dieser Oefen preisgegeben ist, stärker als in den Sumpföfen oxydiert werde.

Man pflegt in den Giessereiflammöfen nicht erheblich weniger als 5000 kg Roheisen mit einem Male zu verarbeiten. Dass die Wärmeausnutzung in einem für grosse Einsätze bestimmten Ofen ungünstiger wird, wenn man ihn für kleinere Einsätze benutzt, bedarf keiner Erläuterung.

Ist die Grösse des Einsatzes gegeben, so lassen sich folgende Verhältniszahlen für die Abmessungen des Ofens anwenden.

Grösse der Herdfläche (von der Feuerbrücke bis zum Beginn des Fuchses) für je 1000 kg zu schmelzenden Roheisens:

bei grossen Oefen mit mehr als 5000 kg Einsatz 0,5 bis 0,6 qm;

bei kleineren Oefen 0,8 bis 1,0 qm.

Länge des Herdes 3 bis 4 m (bei langflammigen Brennstoffen mehr, bei kurzflammigen weniger).

Grösse der gesamten Rostfläche = 1/3 der Herdfläche (bei grossen Oefen knapper, bei kleinen Oefen reichlicher bemessen).

Grösse der freien Rotstfläche = 1/3 bis 1/2 der gesamten Rostfläche.

Verhältnis der Länge des Rostes (von Rückwand des Ofens bis Feuerbrücke) zur Breite wie 1:1 bis 4:5.

Senkrechter Abstand zwischen Rost und Oberkante der Feuerbrücke 0,4 bis 0,5 m.

Breite des Herdes an der Feuerbrücke gleich der Rostbreite.

Grösse des Flammenlochs (dem Querschnitte des Ofens zwischen Feuerbrücke und Decke) gleich der Hälfte bis 0,7 der gesamten Rostfläche. Die Grösse des Flammenlochs, geteilt durch die Breite (Rostbreite) gibt die Höhe, d. i. den Abstand der Ofendecke von der Oberkante der Feuerbrücke. Diese Abmessung beträgt zweckmässigerweise nicht weniger als 0,4 m und nicht mehr als 0,7 m.

Querschnitt des Fuchses 1/9 bis 1/10 der gesamten Rostfläche.

Querschnitt der Esse an der engsten Stelle 1/5 der gesamten Rostfläche.

Höhe der Esse etwa 25 m.

Die bei anderen Flammöfen mit Rostfeuerung oft bewährte Anwendung von Unterwind, d. h. eines schwach gepressten Luftstroms, welcher unter den Rost (bei geschlossenem Aschenfalle) geführt wird, um die Essenwirkung zu unterstützen, und von den Witterungsverhältnissen unabhängig zu machen, ist bei Flammöfen für Eisengiessereien wenig erprobt worden.

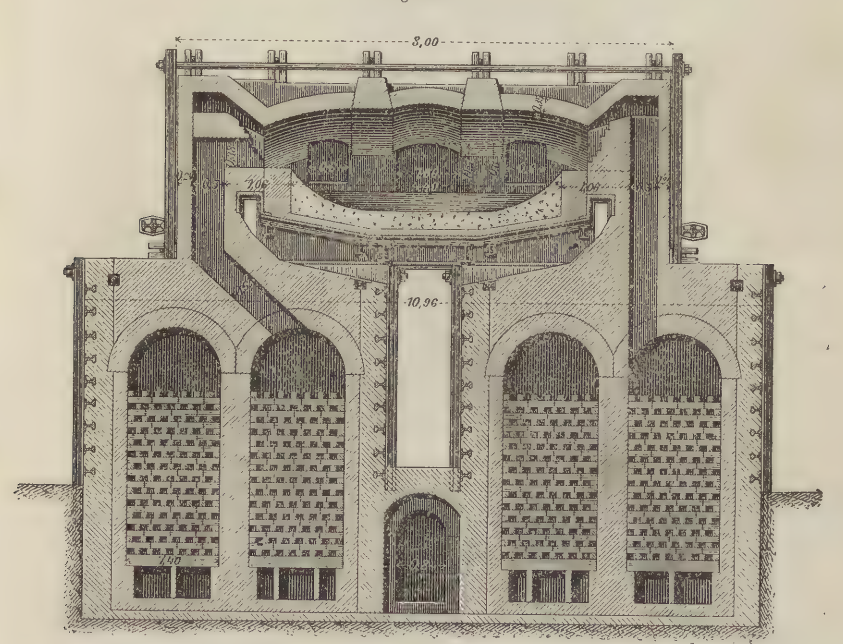
Aeusserlich gibt man den Flammöfen einfache Form mit rechteckigem Grundrisse. Zuerst mauert man aus Bruch- oder Ziegelsteinen das Grundmauerwerk etwa 1 m tief, auf diesem aus Ziegelsteinen den Fuss des Ofens nebst dem Rauhgemäuer, welches die äussere Einfassung bildet, und schliesslich wird in dieses das Futter nebst der gewölbten Decke aus besten feuerfesten Ziegeln eingesetzt. Die Stärke des Futters kann 125 bis 150 mm betragen, die Stärke des Rauhgemäuers richtet sich an den verschiedenen Stellen nach dem Abstande zwischen dem Futter und der Aussenwand des Ofens, da der Hauptzweck des Rauhgemäuers

die Ausfüllung dieser unregelmässigen Zwischenräume ist. Wo das Futter der Aussenwand parallel läuft, pflegt man dem Rauhgemäuer eine Stärke von 125 bis 150 mm zu geben.

Um das Auseinandertreiben des Ofens durch den Gewölbschub und die Ausdehnung beim Erhitzen unmöglich zu machen, umgibt man schliesslich den ganzen Ofen mit einer Bekleidung aus starken eisernen Platten, welche durch Queranker zusammengehalten werden und in welchen die erforderlichen Oeffnungen zum Schüren, Einsetzen des Roheisens u. s. w. ausgespart sind.

Den Herd des Ofens kann man aus Sand oder Brocken von Schamottsteinen herstellen, welche zwischen den Umfassungswänden aufgeschüttet und zu oberst mit einer festgestampften, etwa 150 mm starken Lage von feuerfester Masse (feuerfestem Thon mit Quarz oder Schamottkörnern vermengt) bedeckt werden.

Fig. 19.

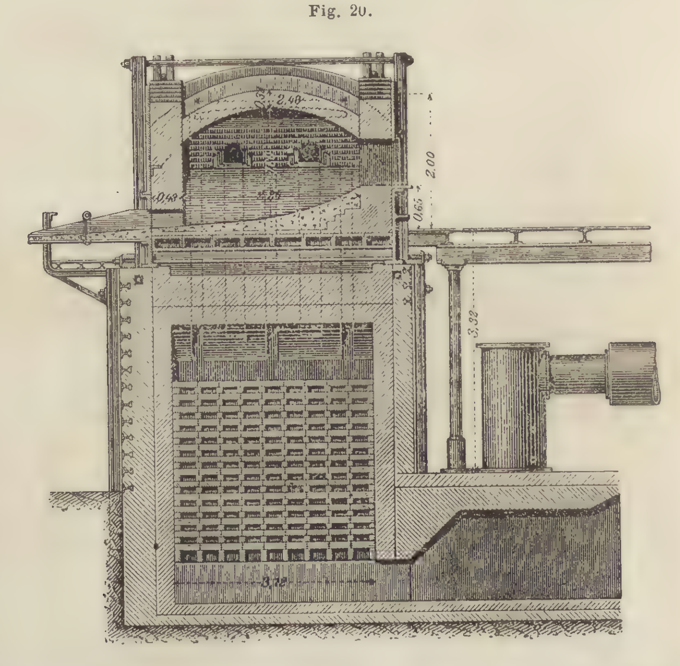


Die Esse mauert man unabhängig vom Ofen auf und lässt den Fuchskanal, das Ende des letzteren, frei in dieselbe einmünden, so dass er sich ausdehnen kann, ohne von der Esse behindert zu werden.

Ein Siemensofen zum Schmelzen von Stahl oder Flusseisen (Martinofen) ist in Fig. 19 und 20 abgebildet. Der Herd ist muldenförmig und ruht auf Eisenplatten, welche von unten her der Berührung der Luft preisgegeben sind, um dadurch gekühlt zu werden. Er wird, sofern der Ofen nur für Erzeugung härteren (kohlenstoffreicheren) Metalls

bestimmt ist, aus feuerfestem Sande auf einer Unterlage von Dinasziegeln aufgestampft und eingesintert; für Oefen, welche auch ganz weiches (kohlenstoffarmes) Metall erzeugen sollen, verwendet man häufiger ein basisches Herdfutter, aus gebranntem und gemahlenem Dolomit oder Magnesit gefertigt [1]). Unter dem Ofen liegen die Wärmespeicher, deren Zweck früher (Seite 88) erläutert wurde, in derselben Weise eingerichtet wie die Wärmespeicher des Tiegelschmelzofens Fig. 11. Das Gas tritt, aus einem der beiden mittleren Wärmespeicher kommend, durch zwei nebeneinander liegende Oeffnungen (in Fig. 20 sichtbar) in

Fig. 20.



den Ofen; die Luft durch eine breite, über den Gaskanälen liegende Oeffnung [2]). Drei mit Thüren versehene Oeffnungen an der Rückseite des Ofens dienen zum Einsetzen des Metalls, Ausführung der während des Schmelzens erforderlichen Arbeiten und Ausbessern des Herdes nach Beendigung des Schmelzens; eine Stichöffnung mit Gussrinne (Fig. 20) an der Vorderseite zum Ablassen des geschmolzenen Metalls. Man baut diese Oefen für Einsätze von 4 bis 40 t, jedoch selten grösser als für 15 t, sofern sie nur für Formgussdarstellung bestimmt sind. Die Abmessungen des abgebildeten Ofens entsprechen Einsätzen von 15 t.

---

[1]) Näheres hierüber: Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 972.

[2]) Hinsichtlich der Vorrichtung zum Umsteuern des Gas- und Luftstroms vergleiche: Ledebur, Die Gasfeuerungen, Seite 93.

3. Das Arbeitsverfahren und die Betriebsergebnisse.

Die Arbeiten für die Bedienung der Flammöfen zum Gusseisenschmelzen sind ziemlich einfach. Das Roheisen wird durch die Einsatzthür in den Ofen gebracht und so aufgeschichtet, dass es in möglichst günstiger Weise von der Flamme getroffen wird. Gewöhnlich führt man diese Arbeit aus, bevor der Ofen angeheizt wird, um grössere Musse zu haben und grössere Sorgfalt auf das Aufschichten verwenden zu können. Während des Schmelzens beschränken sich die Arbeiten auf die Wartung des Feuers und die öftere Untersuchung des Herdes mit einer Brechstange, um Ansätze erstarrten Gusseisens, die sich dort gebildet haben könnten, loszubrechen. Ist alles Metall geschmolzen, so schliesst man sämtliche Thüröffnungen und gibt einige Zeit, während das Metall sich selbst überlassen ist, starke Hitze. Alsdann kann zum Abstiche geschritten werden, der mit Hilfe eines verstahlten Spiesses ausgeführt wird. Die Zeitdauer des ganzen Schmelzens pflegt fünf bis sechs Stunden zu sein.

Grössere Umsicht und Erfahrung erheischt das Stahlschmelzen im Flammofen. Von vornherein wird dem eingesetzten Stahle ein Roheisenzusatz gegeben, dazu bestimmt, durch seinen Silicium-, Mangan- und Kohlenstoffgehalt das Eisen selbst vor starker Verbrennung zu schützen; sorgfältig muss beim Schmelzen die Temperatur geregelt werden. Schliesslich ist das Bad sauerstoffhaltig geworden und entwickelt Gase; ein Zusatz von Silicium-Manganeisen, auch wohl Aluminiumeisen, wird gegeben um den Sauerstoffgehalt auszuscheiden und die Gasentwickelung abzuschwächen [1]).

Günstiger als beim Tiegelschmelzen ist aus naheliegenden Gründen im Flammofen die Ausnutzung der Wärme; immerhin aber geht bei den Oefen mit Rostfeuerung von der gesamten entwickelten Wärme ein reichlicher Teil mit den in die Esse abziehenden Gasen verloren, weil diese Gase im Ofen selbst überhaupt nicht unter die erforderliche Temperatur des Ofens abgekühlt werden, und da die Schmelztemperatur des Roheisens bei etwa 1100 ° C. liegt, müssen sie mit noch etwas höherer Temperatur in die Esse eintreten, wenn der Ofen in volle Glut gekommen ist. Eine teilweise Ausnutzung dieser verloren gehenden Abhitze wird zwar bei Siemensfeuerungen in der früher (Seite 88) beschriebenen Art und Weise erreicht; aber auch ihre Gase gelangen noch ziemlich heiss (400 bis 600 ° C.) zur Esse, die Wärmeverluste der Oefen durch Abgabe an die umgebende Luft sind erheblich, und der in Wärmespeichern angehäufte grosse Vorrat an Wärme geht verloren, sobald der Ofen kalt gelegt wird.

Aus diesen Gründen ist der Brennstoffverbrauch in den Giessereiflammöfen ziemlich beträchtlich.

In den günstigsten Fällen, also bei zweckmässiger Ofenform, starkem Einsatze, Anwendung vorzüglicher Steinkohlen, gebraucht man zum Schmelzen von 100 kg Roheisen in Oefen mit Rostfeuerung nicht

---

[1]) Dem bereits abgestochenen und in der Pfanne befindlichen Metalle setzt man noch eine kleine Menge reinen Aluminiums zu, wenn es lebhaft kocht, also noch reichlich Gase entwickelt.

weniger als 35 kg Steinkohlen; häufiger beziffert sich dieser Verbrauch auf 40 bis 70 kg; unter besonders ungünstigen Verhältnissen kann er auf 100 kg und darüber steigen.

Der Abbrand beträgt gewöhnlich 5 bis 7 v. H. des Roheisengewichts.

Aehnliche Ziffern ergeben sich beim Stahlschmelzen im Siemensofen. [1])

4. Der chemische Verlauf des Flammofenschmelzens.

Die bisherigen Ermittelungen über die chemischen Vorgänge beim Flammofenschmelzen von Gusseisen stützen sich mehr auf allgemeinere Beobachtungen als auf zuverlässige chemische Untersuchungen. Nur die geringere Zahl der Eisengiessereien besitzt überhaupt einen Flammofen; da, wo ein solcher vorhanden ist, nimmt man ihn nur für besondere Fälle in Benutzung. Aus diesem Grunde fehlte eine genügende Anregung zur Anstellung umfänglicher Untersuchungen.

Unsere durch Untersuchungen über ähnliche Vorgänge gewonnene Kenntnis des Verhaltens des Roheisens gegenüber oxydierend wirkenden Einflüssen befähigt uns jedoch, uns auch von dem Verlaufe des Flammofenschmelzens ein zutreffendes Bild zu entwerfen.

Bereits in der Besprechung der Haupteigentümlichkeiten des Flammofenschmelzens wurden die Gründe hervorgehoben, weshalb ein solches Schmelzen nur in oxydierender, d. h. an freiem Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdampf reicher Flamme möglich sei. Ohne eine solche Flamme zu bilden, würde man nicht im stande sein, die zum Schmelzen des Roheisens erforderliche Temperatur hervorzubringen. Die Oxydation des Roheisens beginnt, noch ehe es zum dunkeln Glühen erhitzt ist; sie kommt am stärksten zur Geltung, wenn das Roheisen im flüssigen Zustande auf der geneigten Herdsohle des Ofens hinabrieselt. Auch im Sammelraume (Sumpfe) des Ofens bleibt das flüssige Metall unausgesetzt der Einwirkung des Flammenstroms preisgegeben, wenn auch die obenauf schwimmende, aus aufgelösten Bestandteilen des Herdfutters und oxydierten Bestandteilen des Roheisens entstandene Schlacke ihm hier einen gewissen Schutz zu verleihen befähigt ist.

Wie schon erwähnt wurde, sind es unter den Bestandteilen des Roheisens das Eisen selbst, der Kohlenstoff, das Silicium und das Mangan, welche der Verbrennung unterliegen.

Von diesen vier Körpern ist zwar das Eisen am wenigsten leicht verbrennlich; der Umstand aber, dass es seiner Menge nach bedeutend vorwiegt, erklärt es, dass trotzdem schon von Anfang an eine gewisse Menge Eisen verbrannt wird und in die Schlacke geht. Der auf dem Boden des Flammofens, welcher reich an Kieselsäure ist, am leichtesten verbrennliche Bestandteil ist das Mangan; seine ohnehin starke Neigung, zu verbrennen, wird durch die Gegenwart der Kieselsäure erhöht, von welcher das Manganoxydul als kräftige Base eine entsprechende Menge auflöst.

[1]) Litteratur über Flammöfen für Eisengiessereien: Wagner, Ueber den Bau von Gussflammöfen und deren Betrieb; Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1857, S. 115; E. F. Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, 3. Auflage, 1 Band, Seite 583.

Eine von mir untersuchte Flammofenschlacke enthielt:

Kieselsäure	Eisenoxydul	Manganoxydul	Thonerde	Kalkerde	Magnesia
49,72 v. H.	15,93 v. H.	20,04 v. H.	5,05 v. H.	7.98 v. H.	Spur

Dieses Verhalten des Mangans ist bedeutungsvoll für die Zusammensetzung des fertig geschmolzenen Eisens. Das Mangan schützt, indem es selbst die Verbrennung erleidet, die übrigen Bestandteile, und von diesen treten daher um so geringere Mengen beim Schmelzen aus, je manganreicher der Einsatz war.

Auf das Mangan folgt das Silicium in der Reihe der ausscheidenden Körper. Dass man durch Wahl eines sehr manganreichen Einsatzes im stande sein würde, das Silicium vollständig vor Verbrennung zu schützen, ist zwar wahrscheinlich, durch besondere Versuche aber nicht nachgewiesen worden [1]). Für den Betrieb würde das Verschmelzen eines solchen Einsatzes keinen Zweck haben; der Mangangehalt des Einsatzes geht selten über 2 v. H. hinaus und ist meistens niedriger. In diesen Fällen verbrennt stets ein Teil des Siliciums mit dem Mangan, und zwar um so mehr, je manganärmer der Einsatz war.

Kohlenstoff verbrennt in Roheisenschmelzhitze weniger leicht als die genannten Körper; seine Verbrennung kann in der That vollständig gehindert werden, wenn ein verhältnismässig mangan- und siliciumreicher Einsatz bei nicht sehr starker Ueberhitzung eingeschmolzen wird [2]). Mit der Temperatur aber steigt in beträchtlichem Masse die Neigung des Kohlenstoffs, zu verbrennen, und daher kann es bei starker Ueberhitzung wohl geschehen, dass ein Teil des Kohlenstoffs verbrennt, auch wenn noch Mangan und Silicium zugegen sind.

Ein stärkeres Mass aber erreicht die Kohlenstoffverbrennung, wenn jene beiden Körper nur noch in kleinen Mengen zugegen sind. Zunächst wird nunmehr reichlicher Eisen verbrannt; eine eisenreichere Schlacke entsteht und wirkt durch ihren Gehalt an Eisenoxyden oxydierend auf den Kohlenstoffgehalt des flüssigen Metalls ein. Blaue Flämmchen, aus verbrennendem Kohlenoxydgas bestehend, schlagen empor, die Schlacke bläht sich auf und zeigt sich, wenn man eine Probe herausnimmt und erkalten lässt, von Blasenräumen durchsetzt; auch das Eisen liefert nicht mehr dichte Güsse. Wenn daher ein höherer Mangangehalt des Einsatzes, als oben angegeben wurde, eher nachteilig als förderlich für die Erlangung eines brauchbaren Schmelzerzeugnisses sein würde, so ist doch ein mässiger Mangangehalt nützlich, indem er der Verbrennung des Kohlenstoffs und der dadurch veranlassten Gasentwickelung entgegenwirkt.

Phosphor wird in den Flammöfen mit kieselsäurereichem Futter nicht ausgeschieden. Bei Versuchen, welche vor mehreren Jahrzehnten über das Verhalten des Phosphors beim Flammofenschmelzen angestellt wurden, und bei welchen man die Verbrennung des Phosphors noch

---

[1]) Versuche über das Verhalten des Mangans und Siliciums beim Kupolofenschmelzen werden unten Erwähnung finden.

[2]) Den sichersten Beweis hierfür liefern zahlreiche Analysen über die Zusammensetzung des Roheisens im Puddelofen — ebenfalls einem Flammofen — vor und nach dem Einschmelzen. Beispiel hierfür: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 853.

durch Hinüberleiten eines Gebläsestroms über das flüssige Metall zu befördern suchte, betrug der Phosphorgehalt des Roheiseneinsatzes 0,49 v. H., des Eisens nach siebenstündigem Schmelzen 0,51 v. H.[1]).

Kupfer, Antimon, Arsen können, da sie schwieriger verbrennlich als Eisen sind und ohnehin stets in starker Verdünnung sich befinden, überhaupt nicht abgeschieden werden; dass Schwefel aus schwefelhaltigen Gasen aufgenommen werden könne, wurde schon erwähnt.

Um für ein Gusseisen von vorgeschriebener Zusammensetzung die erforderliche Zusammensetzung des Einsatzes zu finden, kann man annehmen, dass von dem Mangangehalte des Einsatzes in der Regel ein Drittel bis zwei Drittel, von dem Siliciumgehalte ein Viertel bis zur Hälfte, von dem Kohlenstoffgehalte höchstens ein Sechstel und in jedem Falle um so weniger wegbrennt, je mangan- und siliciumreicher der Einsatz war, während alle übrigen Körper unverändert bleiben. Genauere Verhältnisziffern erhält man alsbald durch den einmaligen Versuch.

Für das Stahlschmelzen im Martinofen ist eine höhere Temperatur als für das Roheisenschmelzen erforderlich. Dadurch wird insbesondere das Verbrennungsbestreben des Kohlenstoffs gesteigert, und dieser verbrennt teilweise schon bald nach Beginn des Schmelzens neben Mangan und Silicium. Hierauf muss bei der Zusammensetzung des Einsatzes Rücksicht genommen werden; man fügt dem schmiedbaren Eisen Roheisen zu, um den Ausfall zu decken. Ein hoher Mangangehalt wirkt auch hier als Schutzmittel gegen rasche Kohlenstoffverbrennung; mitunter fügt man Spiegeleisen (Seite 8) schon beim Einschmelzen zu, um den Mangangehalt zu erhöhen. Phosphor wird auf kieselsäuerreichem Herde ebensowenig abgeschieden wie beim Roheisenschmelzen; auf basischem Herde (Dolomit- oder Magnesitherde) ist eine weitgehende Abscheidung möglich, jedoch nicht, ohne dass nicht auch der Kohlenstoff bis auf sehr kleine Mengen verbrennt. In jedem Falle wird schliesslich, wie schon erwähnt wurde, ein Zusatz von Spiegeleisen oder Eisenmangan, häufig auch daneben Siliciumeisen gegeben, um gelöstes Eisenoxydul zu zerstören und der durch dessen Einwirkung auf den noch anwesenden Kohlenstoff veranlassten Gasentwickelung entgegen zu wirken. Näheres über den Verlauf in den Werken über Eisenhüttenkunde.

IV. Das Schmelzen im Kupolofen.

1. Haupteigentümlichkeiten des Verfahrens.

Das Kupolofenschmelzen in grösserem Umfange ist in europäischen Giessereien erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts üblich geworden. In China bediente man sich zum Umschmelzen von Roheisen schon vor mehreren Jahrhunderten kleiner, mit Gebläse betriebener Oefen, welche ihrer Einrichtung nach als Kupolöfen bezeichnet werden müssen[2]); in Frankreich wurden kleine tragbare Oefchen, ebenfalls den jetzigen Kupol-

---

[1]) Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1866, S. 155.

[2]) Näheres hierüber nebst Abbildung: Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Band 16, Seite 191; Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 636.

öfen in ihrer Wirkungsweise ähnlich, von fahrenden Giessern, welche im Lande umherzogen, im Anfange des vorigen Jahrhunderts benutzt [1]), ohne jedoch eine hervorragende Bedeutung zu erlangen. Erst als gegen Ende des 18. Jahrhunderts durch die Entwickelung des Maschinenbaues der Bedarf an Eisengusswaren mächtig gesteigert wurde, und als dann, teils infolge hiervon, teils aus anderen schon früher entwickelten Gründen, der Giessereibetrieb von dem Hochofenbetriebe, mit welchem er Jahrhunderte lang eng verbunden gewesen war, mehr und mehr sich trennte, trat die Notwendigkeit hervor, den Giessereien eigene, zur Deckung des täglichen Bedarfs an flüssigem Metalle geeignete Schmelzöfen zu geben. Die schon früher für gewisse Zwecke des Giessereibetriebes (z. B. für Kanonengiessereien) benutzten Flammöfen erwiesen sich für die allgemeine tägliche Benutzung wenig geeignet; so fand der Kupolofen Eingang und wurde bald zu einer unentbehrlichen Schmelzvorrichtung aller jener Giessereien, welche nicht mehr unmittelbar vom Hochofen ihr flüssiges Eisen entnahmen.

Die Benennung Kupolofen stammt aus dem Englischen (*cupola-furnace*) und bedeutet eigentlich Kuppelofen. Ursprünglich hatte man in Giessereien die zum Roheisenschmelzen hier und da benutzten, mit einem kuppelartigen Gewölbe überspannten Flammöfen so genannt, und die jetzigen Kupolöfen nannte man nach einem englischen Ingenienr, welcher sich um ihre Verbesserung Verdienste erworben und ihnen dadurch eine grössere Verbreitung verschafft hatte, Wilkinsonöfen; allmählich übertrug man die Bezeichnung Kupolöfen auf alle zum Umschmelzen des Roheisens dienenden Oefen, um schliesslich infolge einer seltsamen Verwechselung der Begriffe sie auf die früher als Wilkinsonöfen bezeichnete Form der Schmelzöfen zu beschränken.

Der Kupolofen ist ein Schachtofen mit senkrechter Achse und fast immer kreisrundem Querschnitt. In die obere Oeffnung des Ofens, die Gicht, wird in abwechselnden Lagen der Brennstoff (gewöhnlich Koks, seltener Holzkohlen) nebst dem zu verschmelzenden Roheisen eingeschüttet [2]); in dem untern Teile wird die Verbrennungsluft zugeführt. Hier findet die Verbrennung, Wärmeentwickelung und Schmelzung statt. Das geschmolzene Metall sammelt sich unterhalb der Lufteinströmungsöffnungen (Formen genannt) im Herde des Ofens, welcher entweder durch den unteren Teil des Ofenschachtes selbst gebildet oder auch als Vorherd, d. h. als ein seitlich vom Ofenschachte befindlicher, mit diesem durch einen Kanal verbundener Sammelraum eingerichtet ist. Durch ein Stichloch an der tiefsten Stelle des Herdes wird das geschmolzene Metall nach Bedarf dem Ofen entnommen.

Ununterbrochen kann das Schmelzen von statten gehen, so lange die Schmelzstoffe nachgeschüttet werden. Man ist demnach nicht, wie beim Flammofenschmelzen, an eine bestimmte Grösse des jedesmaligen Einsatzes gebunden. Da aber das geschmolzene Eisen, während es tropfenförmig zwischen den weissglühenden Kohlen niederrieselt, auch ununter-

[1]) Näheres nebst Abbildung: „Stahl und Eisen“ 1885, Seite 121; Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 637.

[2]) Gasfeuernng für Kupolöfen anzuwenden, wie mehrfach vorgeschlagen worden ist, würde widersinnig sein. Das Metall würde stärker oxydiert werden, ohne dass ein Vorteil erreichbar wäre.

brochen überhitzt wird, braucht man nicht, wie bei jenem Schmelzverfahren, mit dem Abstechen des Metalls zu warten, bis der ganze Einsatz geschmolzen ist, sondern man kann kleinere oder grössere Mengen flüssigen Eisens dem Herde entnehmen, sobald sie geschmolzen sind, und ununterbrochen findet Ersatz statt.

Diese Vorzüge des Kupolofenschmelzens würden allein schon ausreichend sein, dem Verfahren in den gewöhnlicheren Fällen ein Uebergewicht über das Flammofenschmelzen zu verleihen und die Begründung dafür zu liefern, dass für die regelmässige Beschaffung des täglichen Eisenbedarfs in Eisengiessereien der Kupolofen — sofern nicht Guss aus dem Hochofen stattfindet — der allein benutzte Schmelzofen ist, während der Flammofen, wie schon oben hervorgehoben worden ist, nur für besondere Zwecke in Verwendung kommt.

Aber auch die Wärmeausnutzung ist bei entsprechender Einrichtung der Kupolöfen in diesen günstiger als in Flammöfen. Die den Kupolofen anfüllenden Brennstoffe und das Metall bewegen sich stetig abwärts, dem Verbrennungsraume zu; die entstandenen Verbrennungsgase aber, die Träger der entwickelten Wärme, steigen aufwärts, jenen entgegen, zwischen den einzelnen Stücken hindurch sich ihren Weg suchend und ihre Wärme an sie abgebend. Diese entgegengesetzte Bewegung der wärmeabgebenden und wärmeaufnehmenden Körper — der Gase und der Schmelzsäule — ist von Bedeutung für die Ausnutzung der erzeugten Wärme. Denn da die Gase, während sie im Schachte emporsteigen, auf immer neue und kältere Schichten der niederrückenden Schmelzsäule treffen, können sie auch immer aufs neue Wärme abgeben; es ist denkbar, das bei ausreichender Höhe des Ofens die Gase auf die Temperatur der umgebenden Luft abgekühlt den Ofen verlassen. Thatsächlich kann man schon bei einer Höhe des Ofens von 3 bis 4 m oberhalb der Formen unter sonst regelrechten Betriebsverhältnissen eine Abkühlung der Gase bis auf etwa 50° C. erreichen. Die von den Bestandteilen der Schmelzsäule aufgenommene Wärme wird nun von ihnen wiederum abwärts geführt und erspart im Verbrennungs- und Schmelzraume soviel Brennstoff, als zu ihrer Erzeugung notwendig gewesen sein würde.

Sie befördert aber auch die Erzielung der hohen, zum Schmelzen des Eisens erforderlichen Temperatur. Denn die im Verbrennungs- und Schmelzraume herrschende Temperatur wächst mit der Menge der überhaupt entwickelten Wärme und steht im umgekehrten Verhältnisse zu der Wärmemenge, welche von den Verbrennungserzeugnissen und sonstigen im Verbrennungsraume anwesenden Körpern aufgenommen wird[1]). Infolge jener Vorwärmung der Brennstoffe und des Eisens werden bei der Verbrennung der ersteren reichlichere Wärmemengen entwickelt und geringere Wärmemengen verbraucht, als ohne die Vorwärmung; die Temperatur fällt höher aus, oder man bedarf zur Erzielung einer bestimmten Temperatur eines geringeren Aufwands von Brennstoff.

Da rohe Brennstoffe bei ihrem Niedergange im Ofen, ehe sie in den Verbrennungsraum einrücken, Zersetzung erleiden und hierbei be-

---

[1]) Näheres hierüber findet man in fast allen Handbüchern der Hüttenkunde; z. B. Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 55.

trächtliche Mengen nutzlos entweichender und den Betrieb des Ofens erschwerender Gase entwickeln würden, ist es Regel, verkohlte Brennstoffe — Koks oder ausnahmsweise Holzkohlen — im Kupolofen zu benutzen. Mit diesen Brennstoffen bleibt nun das aufgegichtete Eisen in steter Berührung, bis es im Herde angelangt ist; es fliesst, sobald es zu schmelzen anfängt, in Tropfenform über die glühenden Kohlen hinweg. Je niedriger aber der Kohlenstoffgehalt des Eisens ist, desto stärker ist seine Neigung, noch Kohlenstoff aufzunehmen; während sehr kohlenstoffreiches Roheisen beim Schmelzen im Kupolofen unter Umständen einen kleinen Teil seines Kohlenstoffgehalts unter der Berührung mit der eintretenden Luft oder den sauerstoffhaltigen Verbrennungsgasen einbüssen kann, nimmt kohlenstoffärmeres Eisen regelmässig Kohlenstoff aus den glühenden Kohlen auf. Hieraus aber folgt, dass es unmöglich ist, geschmolzenen Stahl im Kupolofen zu gewinnen; alles eingesetzte schmiedbare Eisen nimmt beim Schmelzen so reichliche Mengen Kohlenstoff auf, dass es zu Roheisen wird. Der geringste Kohlenstoffgehalt des geschmolzenen Metalls pflegt 2,8 v. H. zu sein, auch wenn man einen ganz kohlenstoffarmen Einsatz gewählt hatte.

Der Kupolofen ist demnach nur zum Roheisenschmelzen geeignet [1]).

Je günstiger der Brennstoff im Kupolofen ausgenutzt wird, d. h. mit je weniger Brennstoff man das Schmelzen durchführt, desto reicher an Kohlensäure sind die Verbrennungsgase, desto kräftiger oxydierend wirken sie auf das schmelzende und geschmolzene Roheisen ein. Durch Aufwendung reichlicher Brennstoffmengen und durch gewisse Massnahmen bei der Einrichtung und dem Betriebe des Ofens würde man zwar im stande sein, wie bei der Erzeugung des Roheisens im Hochofen, ein an Kohlensäure armes, an Kohlenoxydgas reiches Gasgemisch zu erzeugen und so thatsächlich das Roheisen annähernd vollständig vor Verbrennung zu behüten; ohne es eigentlich zu beabsichtigen, verfuhr man in Wirklichkeit in den ersten Jahrzehnten nach Einführung der Kupolöfen in dieser Weise. Der bei einem solchen Betriebe erzielte Nutzen — die geringere Oxydationswirkung des Schmelzofens — steht jedoch nicht im Einklange mit dem zugleich sich ergebenden Nachteile, dem höhern Aufwande an Brennstoff, und durch Auswahl eines entsprechend zusammengesetzten Einsatzes lässt sich Ausgleich für die chemischen Veränderungen schaffen, welche das Roheisen durch die oxydierende Wirkung der Verbrennungsgase erleidet.

Man fasst daher meistens als Ziel bei der Einrichtung und dem Betriebe der Kupolöfen die Lösung der Aufgabe ins Auge, das Schmelzen mit möglichst geringem Aufwand von Brennstoff durchzuführen, gleichviel, welches Mass von Oxydation das Roheisen hierbei erleidet. Dass man auch hierin zu weit gehen kann, dass es mitunter zweckmässig sein würde, etwas mehr Brennstoff aufzuwenden und dafür in weniger stark oxydierendem Gasstrome zu schmelzen, ist nicht zu bezweifeln. Oertliche Verhältnisse, zumal die Preise der Schmelzstoffe, müssen hierfür entscheidend sein.

---

[1]) Wenn man bisweilen gewisse Erzeugnisse des Kupolofenschmelzens, durch Zusatz von Stahl zum Roheiseneinsatze gewonnen, als „Stahlguss“ bezeichnet, so ist diese Benennung durchaus ungerechtfertigt.

2. Die Kupolöfen.

a) Allgemeines.

Die in Vorstehendem erwähnten Abweichungen in der Ausnutzung des Brennstoffs und in der chemischen Beeinflussung des Eisens beim Kupolofenschmelzen beruhen auf dem Umstande, dass der Kohlenstoff zwei verschiedene Verbrennungserzeugnisse zu liefern vermag: Kohlenoxydgas (chemische Formel CO) bei unvollständiger Verbrennung, und Kohlensäure oder Kohlenoxyd (chemische Formel CO_2) bei vollständiger Verbrennung. Letzteres Gas enthält doppelt soviel Sauerstoff auf die gleiche Menge Kohlenstoff als Kohlenoxydgas; während aber das Kohlenoxydgas auch in der höchsten Temperatur das Eisen nicht wesentlich zu beeinflussen vermag, bildet Kohlensäure, indem sie die Hälfte ihres Sauerstoffgehalts abgibt und sich in Kohlenoxydgas umwandelt, schon in Rotglut ein kräftiges Oxydationsmittel für Eisen. Ein Kilogramm Kohlenstoff, zu Kohlensäure verbrennend, liefert jedoch mehr als die dreifache Wärmemenge als bei der Verbrennung zu Kohlenoxydgas [1]); aus diesem Grunde wird das Ziel, mit möglichst wenig Brennstoff das Eisen im Kupolofen zu schmelzen, um so vollständiger erreicht, je mehr Kohlensäure und je weniger Kohlenoxydgas bei der Verbrennung gebildet wird.

Die Mittel zur Beförderung der Kohlensäurebildung, Abminderung der Kohlenoxydbildung im Kupolofen sind im wesentlichen folgende:

1. Anwendung dichter Brennstoffe. Je dichter der Brennstoff ist, desto weniger Oberfläche bietet er dem mit ihm in Berührung tretenden Sauerstoff dar; je weniger Oberfläche er darbietet, desto weniger Kohlenstoff kann durch die gleiche Menge Sauerstoff verbrannt werden. Bei der Bildung von Kohlensäure aber wird nur die Hälfte des Kohlenstoffs durch die gleiche Menge Sauerstoff verbrannt als bei der Bildung von Kohlenoxydgas. Aus diesem Grunde sind Koks ein geeigneterer Brennstoff zum Kupolofenschmelzen als die weniger dichten Holzkohlen; man gebraucht zum Schmelzen der gleichen Menge Roheisen von letzteren mehr als doppelt soviel als von ersteren. Je dichter die Koks sind, desto geringer fällt der Brennstoffaufwand aus.

2. Reichliche Verteilung und schwache Pressung der eintretenden Verbrennungsluft. Auch die Wirkung dieser Mittel findet ihre Erklärung vornehmlich in dem verschiedenen Verhältnisse der Oberfläche. Je reichlichere Oberfläche die Luft dem Brennstoffe darbietet, desto mehr Sauerstoffteilchen treten mit dem Kohlenstoff in Berührung, in desto reichlicherer Menge wird Kohlensäure gebildet. Luft, welche mit starker Pressung, d. h. grosser Geschwindigkeit und grosser lebendiger Kraft, eintritt, bietet nur wenig Oberfläche dar; die Kohlenstoffatome finden nur je ein Sauerstoffatom zur Verbrennung, und es entsteht Kohlenoxydgas. Bei Kupolöfen, welchen die Verbrennungsluft durch ein Gebläse zugeführt wird, sollen daher die Eintrittsöffnungen in den Ofen (Windformen) so reichlich bemessen sein, dass die mit dem Manometer in der Windleitung messbare Spannung nur durch die Widerstände,

---

[1]) Bei der Verbrennung zu Kohlenoxydgas 2470 Wärmeeinheiten, zu Kohlensäure 8080 Wärmeeinheiten.

welche die Gase beim Durchdringen der Schmelzsäule im Ofen finden, nicht aber durch einen verengten Ausflussquerschnitt — wie bei Eisenhochöfen — erzeugt wird.

3. Rasches Schmelzen; also Zuführung reichlicher Luftmengen in bestimmter Zeit. Die vor den Formen entstandene Kohlensäure findet bei längerer Berührung mit den niederrückenden Brennstoffen Gelegenheit, durch Verbrennung eines zweiten Atoms Kohlenstoff $CO_2 + C = 2CO$) sich in Kohlenoxyd umzuwandeln; der Erfolg ist derselbe, als wenn die zwei Atome Kohlenstoff von vornherein zu Kohlenoxyd verbrannt worden wären [1]). Je weniger Metall aber in dem nämlichen Ofen in bestimmter Zeit geschmolzen wird, desto ungünstiger beziffert sich das Verhältnis der unvermeidlichen Wärmeverluste (Ausstrahlung u. a. m.) zu der nutzbar gemachten Wärme, desto höher muss auch aus diesem Grunde der Brennstoffverbrauch ausfallen.

Auf der richtigen Benutzung dieser drei Mittel beruht der Erfolg aller der zahlreichen sogenannten „Kupolofensysteme", welche seit etwa vier Jahrzehnten in den Betrieb eingeführt worden sind und für welche seitens der Erfinder und ihrer Freunde oft eine ihrer wirklichen Bedeutung nicht entsprechende Reklame gemacht wird. Jeder Kupolofen, wenn er jenen Regeln entspricht und im übrigen keine zweckwidrige Form besitzt, wird die Aufgabe, Roheisen mit geringem Brennstoffaufwande zu schmelzen, gut erfüllen.

Die Zuführung der Verbrennungsluft geschieht entweder durch Vermittelung eines Gebläses oder — in weit selteneren Fällen — durch Absaugen der Verbrennungsgase. Man kann demnach Gebläsekupolöfen und Saugkupolöfen unterscheiden.

Die Art und Weise des Aufbaues eines Kupolofens ist aus den unten gegebenen Beispielen ersichtlich. Die innere Ausmauerung wird am geeignetsten aus gut zusammengefügten Schamottsteinen hergestellt; zum Schutze gegen Beschädigungen umgibt man das Mauerwerk durch einen Eisenblechmantel, aus etwa 10 mm starken Blechen genietet. Damit jedoch die Steine, welche bei der Erhitzung sich stärker als der Mantel ausdehnen, hierbei nicht zerdrückt werden oder den Mantel zersprengen, muss zwischen diesen und dem genaueren Schachte ein Zwischenraum von etwa 10 mm Breite gelassen werden.

Eine Einsteigeöffnung, welche während des Schmelzens mit eingesetzten Steinen und davor befindlicher Thür verschlossen gehalten wird, ermöglicht die Vornahme der nach jedem Schmelzen notwendigen Ausbesserungsarbeiten im Innern; vor dem an der tiefsten Stelle des Herdes angebrachten Stichloche ist eine Gussrinne befestigt, welche mit feuerfester Masse ausgeschlagen wird und durch welche das geschmolzene Metall abfliesst. Um die zur Aufnahme des ausfliessenden Metalls bestimmten Giesspfannen ohne Schwierigkeit unter der Mündung der Gussrinne aufstellen zu können, stellt man den Ofen auf einen Mauersockel von 0,8 bis 1,2 m Höhe (abhängig von der Höhe der Giess-

[1]) Aus dem nämlichen Grunde ist auch eine allzu beträchtliche Höhe des Kupolofens von Nachteil. Sie begünstigt zwar die Wärmeabgabe seitens der aufsteigenden Gase an die niederrückenden Schmelzstoffe, zugleich aber auch die Bildung von Kohlenoxyd durch längere Einwirkung der Kohlensäure auf die Brennstoffe.

pfannen) oder auf niedrige Säulen mit daraufliegender Eisenplatte zum Tragen des Ofens.

b) Beispiele ausgeführter Kupolöfen.

Aeltere Kupolofenformen.

In den ersten Jahrzehnten nach Einführung des Kupolofenbetrieles betrachtete man diesen Schmelzofen allgemein als einen Hochofen im verkleinerten Massstabe und baute ihn demzufolge nach denselben Regen, welche bei Hochöfen im Laufe der Jahrhunderte erprobt worden waren. Man gab ihm eine oder höchstens zwei Windformen von kleinem Durchmesser, durch welche hochgepresster Wind eingeblasen wurde. Die Folge war, dass auch die Verbrennung in der gleichen Weise wie im Hochofen verlief, der Brennstoff verbrannte zum allergrössten Teile zu Kohlenoxydgas, welches erst an der Gicht durch die von aussen zutretende Luft mit langer heisser Flamme vollends verbrannt wurde [1]; der Brennstoffverbrauch war nach jetzigen Begriffen ausserordentlich hoch. Noch jetzt gibt es vielleicht hier oder da in entlegener Gegend einen Kupolofen in dieser alten Weise gebaut und betrieben.

Lediglich auf dem Wege des Versuchs und ganz allmählich machte man Fortschritte. Man vergrösserte die Zahl der Windformen und ihren Durchmesser, und mit Verwunderung erkannte man, dass man auf diese Weise bei der gleichen Arbeitsleistung des Gebläses wie zuvor nicht nur reichlichere Roheisenmengen schmelzen, sondern auch an Brennstoff sparen konnte. Solcherart war der Uebergang zu den jetzt gebräuchlichen vollkommeneren Kupolofenformen angebahnt.

Der Ireland-Ofen und seine Abarten.

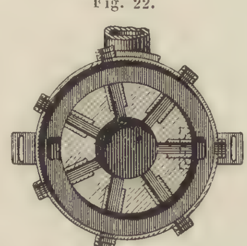
Dieser Ofen, von dem Engländer Ireland etwa um 1860 zuerst gebaut, ist eine der ältesten Ofenformen, bei welchen die Befolgung der oben besprochenen Regeln in zielbewusster Weise stattfand. Die Abbildungen Fig. 21 bis 23 zeigen seine ursprüngliche Einrichtung, der man noch heute bisweilen begegnet. Der von der Seite her zutretende Wind (in Fig. 22 ist das Zuleitungsrohr sichtbar) gelangt zunächst in einen rings um den Ofen herumlaufenden, zwischen Ofenmauerwerk und Blechmantel angeordneten Verteilungskanal und aus diesem durch zwei Reihen Windformen in den Ofen. Der Verteilungskanal ist durch einen Eisenring in zwei übereinander befindliche Abteilungen zerlegt, welche durch zwei Oeffnungen mit Schieber mit einander in Verbindung stehen (Fig. 21). Der Wind tritt zunächst in die untere und aus dieser in die obere Abteilung. Der Zweck dieser Vorrichtung ist, beim Anblasen des Ofens eine stärkere Vorwärmung des Ofenherdes zu ermöglichen und demnach das geschmolzene Eisen vor Abkühlung zu schützen, indem man zunächst die beiden Schieber schliesst und den gesamten Wind durch die unteren Formen eintreten lässt; erst wenn das Roheisen zu schmelzen beginnt und man die Tropfen vor den Formen niederrieseln sieht, werden die Schieber geöffnet und beide Formenreihen zum Blasen benutzt.

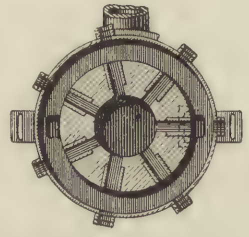
---

[1]) Im Hochofen, welcher zum reduzierenden Schmelzen von Eisenerzen, nicht zum Schmelzen schon fertigen Roheisens, dienen soll, ist diese Bildung von Kohlenoxydgas vor den Formen notwendig. Dass beide Oefen in dieser Hinsicht vollständig verschiedene Zwecke verfolgen, beachtete man früher nicht.

Die untere Formenreihe enthält, wie Fig. 23 erkennen lässt, vier weite Formen (bei dem abgebildeten Ofen 150 mm im Durchmesser), der obere (Fig. 22) sieben engere (10 mm im Quadrat). Bei den meisten älteren Irelandöfen findet man die Zahl der oberen Formen anderthalb bis doppelt so gross als die der unteren, ihren gesamten Querschnitt dagegen nur halb

Fig. 22.





bis zweidrittel so gross. Der Erbauer hatte jedenfalls bei dieser Anordnung das Ziel im Auge, Kohlenoxydgas,

Fig. 23.

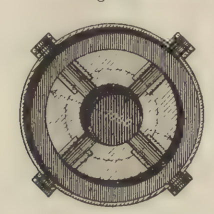
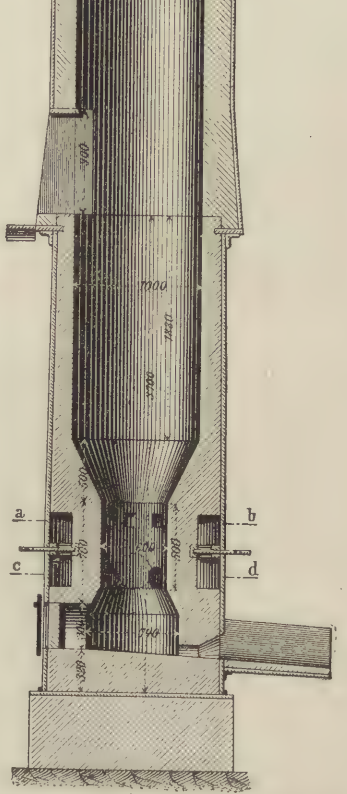


Fig. 21.



welches vor den unteren Formen sich gebildet hatte, durch erneute Zuführung reichlich verteilten Windes vor der oberen Formenreihe zu verbrennen, und ein gewisses Mass von Berechtigung kann diesem Bestreben wohl zuerkannt werden; im wesentlichen jedoch beruhen die günstigen Ergebnisse, welche der Irelandofen und alle später entstandenen ähnlichen Ofenformen hinsichtlich des Brennstoffverbrauchs aufzuweisen haben, unleugbar auf der Befolgung der oben aufgestellten Regel: grosser Gesamtquerschnitt der Windformen und reichliche Verteilung des Windes.

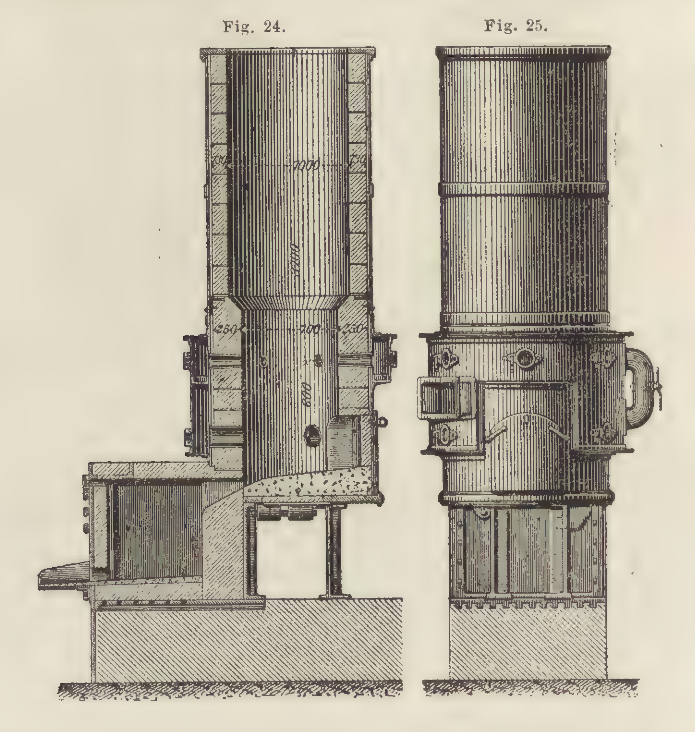
Hinter jeder Windform ist im Ofenmantel eine Schauöffnung angebracht, durch einen Deckel mit eingesetzter Glimmerplatte verschlossen, welche die Beobachtung des Schmelzvorganges im Ofeninnern ermöglicht. Haben sich an den Rändern der Windformen Schlackenansätze gebildet, so benutzt man jene Oeffnungen nach Abnahme des Deckels zugleich zur Entfernung dieser Ansätze mit Hilfe einer von aussen her eingeführten Eisenstange.

In Fig. 21 ist unten links die vermauerte und ausserdem durch eine Eisenplatte verschlossene Einsteigeöffnung, rechts das Stichloch mit der davor angebrachten Gussrinne erkennbar.

Bei dem abgebildeten Ofen ist die zur Ableitung der Verbrennungsgase unentbehrliche Esse unmittelbar auf den Ofenschacht gestellt, und eine (in Fig. 21 links sichtbare) Oeffnung dient zum Aufschütten der Schmelzstoffe in den Ofen.

Eigentümlich für diese älteren Irelandöfen ist neben der beschriebenen Windverteilung die Verengung des Ofenschachtes in der Formengegend. Ireland beabsichtigte hierdurch, das Vordringen des Windes bis zur Mitte des Ofens zu erleichtern. Unleugbar wird hierdurch die Erzielung einer gleichmässigen Verbrennung erleichtert; aber die Einrichtung hat den Nachteil, dass durch die starke Verengung dem gleichmässigen Niederrücken der Schmelzsäule leicht Hindernisse bereitet werden, deren Folge dann ein „Aufhängen“ der eingeschütteten Körper, d. h. eine Stockung in ihrem Niedergange ist, und dass ausserdem gerade in dem verengten Teile das Ofenfutter rasch wegschmilzt. Endlich ist auch nicht zu verkennen, dass der Wind und die Gase in dem verengten Querschnitte grösseren Widerstand finden als in einem weiteren, dass das Gebläse

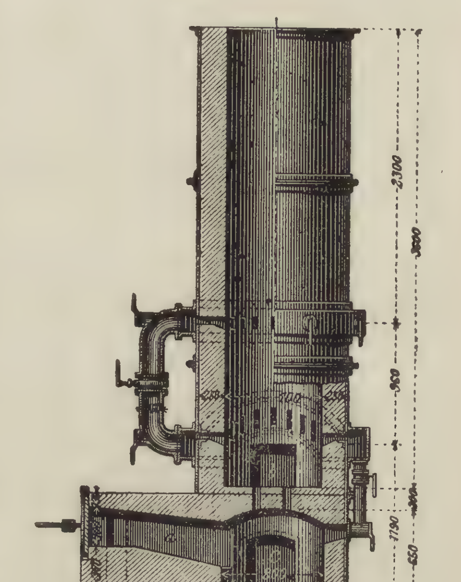
Fig. 24. Fig. 25.

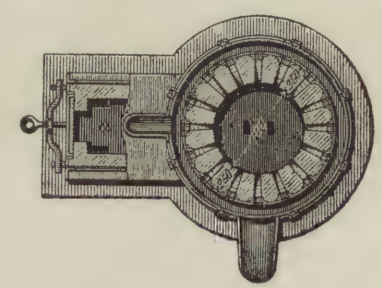


demnach bei gleichem Aufwande an mechanischer Arbeit weniger Wind liefert als in weiteren Oefen und das Schmelzen langsamer von statten geht. Bei neueren Oefen dieser Art hat man es daher meistens zweckmässiger gefunden, jene Verengung in Wegfall zu bringen, dem Ofenschachte cylindrische Form zu geben und den herumlaufenden Verteilungskanal für den Wind äusserlich an den Blechmantel anzunieten. Der Hauptvorteil der älteren Irelandöfen dagegen, die Windzuführung durch

zahlreiche, in zwei Reihen liegende Oeffnungen, wird bei diesen Oefen beibehalten. Giebt man nun den Schachtsteinen im untern Teile des Ofens etwas reichlichere Stärke als denen im oberen Teile, welche dem Wegschmelzen weniger unterworfen sind, so erhält der Ofenschacht eine Form wie durch Fig. 24 und 25 dargestellt ist. Die Verbindung der oberen Hälfte des Windkanals mit der untern geschieht durch das in Fig. 25 sichtbare Rohr mit Drosselklappe.

Fig. 26 und 27.





Die Abbildungen 24 und 25 können zugleich als Beispiel für die Anordnung eines Vorherdes dienen. Er hat in diesem Falle vierseitig prismatische Form, ist von gusseisernen Platten eingefasst und oben durch eine gewölbte Decke geschlossen; an seiner Vorderseite befindet sich die Thür mit der daran befestigten Gussrinne, in eisernen Angeln sich drehend und mit Klinke zum Feststellen versehen. Die gusseiserne Bodenplatte des eigentlichen Ofens wird an der Vorderseite von der Rückenplatte des Vorherds, an der Rückseite von zwei gusseisernen Ständern getragen und ist mit einer Oeffnung versehen, welche fast den Durchmesser des Ofenschachts besitzt und während des Schmelzens durch eine darunter befindliche gusseiserne Klappe verschlossen gehalten wird. Nach Beendigung des Schmelzens öffnet man die Klappe, um den Ofen von den zurückgebliebenen Koks und Schlacken zu entleeren.

Zweckmässiger als die vierseitige Grundform des Vorherdes ist die Form eines Kreisabschnitts, wobei statt der schwerfälligen Gusseisenplatten ein Blechmantel als Umfassung dienen kann und nur die Rückseite (welche im Grundrisse die Sehne des Kreisabschnitts bildet) durch eine mit dem Blechmantel verbundene Gusseisenplatte geschützt wird.

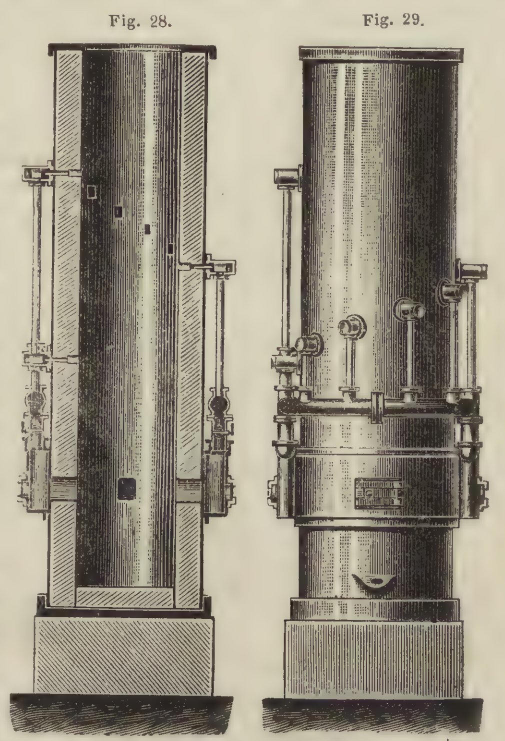
Eine noch umfänglichere Verteilung des Windes als bei den hier besprochen Irelandöfen lässt sich erreichen, wenn man den Windöffnungen statt des kreisförmigen oder quadratischen Querschnitts die Form schmaler, senkrecht stehender Schlitze gibt, wie bei dem in Fig. 26 und 27 abge-

bildeten Ofen. Man erhält hierdurch die Möglichkeit, eine sehr grosse Zahl Oeffnungen anzubringen, ohne das Gemäuer zu sehr zu schwächen, und daher ist diese Anordnung in der Jetztzeit ziemlich gebräuchlich geworden. Eine andere Eigentümlichkeit des abgebildeten, von Ibrügger in den achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts eingeführten Ofens ist die Anordnung eines Sammelraums (Herdes) für das geschmolzene Metall unterhalb des Ofenschachts (statt davor, wie bei dem Ofen Fig. 24). Zwei Oeffnungen im Boden des Schachtes stellen die Verbindung her und ermöglichen zugleich einem Teil der im Ofen gebildeten Gase, in den Herd einzutreten, um von hier aus durch den Hals des Herdes a und die zwei abwärts führenden Kanäle nach einer Esse zu entweichen. Ein Windrohr (in Fig. 26 an der rechten Seite erkennbar) kann zum Zuleiten von Verbrennungsluft für das in den Sammelraum gelangte Kohlenoxydgas dienen. Man bezweckt durch diese Einrichtung, den Herd stark zu erhitzen und zugleich die Möglichkeit zu geben, Zusätze (Stahlabfälle, Siliciumeisen u. a.), welche das geschmolzene Metall erhalten soll, in dem Halse a stark vorzuwärmen oder zum Schmelzen zu bringen; b und c sind Ausräume- und Einsteigeöffnungen für den Schacht und Herd. Der Ibrüggerofen ist auf mehreren Giessereien eingeführt worden, in der Jetztzeit jedoch ziemlich selten. Die Oeffnungen zwischen Schacht und Herd erweitern sich rasch, und veranlassen häufige Ausbesserungsarbeiten; die Zusammensetzung des durch den Herd streichenden Gasstroms ist nicht immer gleich, und demnach wechselt auch sein Einfluss auf das angesammelte Metall. Im Beginne des Schmelzens ist der Raum unter den Formen mit glühenden Koks angefüllt, und das in den Herd gelangende Gas ist reich an Kohlenoxyd. Allmählich aber sammeln sich in jenem Raume erstarrte Massen, Koksasche, Schlacke und dergleichen. Die Menge der Koks, durch welche die Gase hindurchstreichen, verringert sich demnach, ein sauerstoffreicher Gasstrom tritt in den Herd, und wirkt auch oxydierend auf das niederträufelnde Eisen ein. Mitunter lässt schon die Beschaffenheit der im Herde auf dem Metalle schwimmenden Schlacke diesen Vorgang erkennen: sie hat mehr Eisenoxydul aufgenommen, ist schwarz und blasig geworden; das Eisen aber büsst mehr Silicium als zuvor ein und wird aus diesem Grunde graphitärmer, unter Umständen weiss.

Mitunter hat man, um Platz für zahlreichere Windformen zu gewinnen, die obere Formenreihe des Irelandofens nach einer Schraubenlinie angeordnet. Als ein Beispiel dieser Art kann der in Fig. 28 und 29 abgebildete, seit 1885 mehrfach zur Anwendung gelangte Kupolofen von Greiner und Erpf dienen. Die Erbauer hatten ebenso, wie fünfundzwanzig Jahre früher Ireland, das Ziel im Auge, durch die oberen Windformen das noch vorhandene Kohlenoxyd zu verbrennen und bezeichnen ausdrücklich ihren Ofen als einen solchen mit „getrennter Verbrennung des Kohlenoxydgases“. Die Zahl der einzelnen Formen aber ist beträchtlicher, ihr Durchmesser kleiner als bei den meisten ähnlichen älteren Oefen. Man beabsichtigt hierdurch die Verbrennung des Kohlenoxydgases auf einen grösseren Raum als bisher zu verteilen und solcherart eine beträchtliche Temperatursteigerung zu vermeiden, welche zur Folge haben würde, dass die gebildete Kohlensäure aufs neue Kohlenstoff verbrennt und sich wieder in Kohlenoxydgas umwandelt. Jede einzelne Form der oberen Reihe lässt sich nach Abschraubung des betreffenden Zuleitungsrohrstückes verschliessen, so dass man die Möglichkeit besitzt, zunächst

durch einen Versuch festzustellen, in welcher Höhe über den unteren Formen Wind zugeleitet werden kann, ohne dass ein Erglühen der Koks stattfindet, während ein blaues Flämmchen anzeigt, dass in der That Kohlenoxydgas verbrennt. Analysen der Gichtgase [1]) beweisen, dass in der That bei dem Ofen von Greiner und Erpf diese Gase ärmer an Kohlenoxydgas sind als diejenigen mancher anderen Kupolöfen, sofern die Windzuführung in sorgfältiger Weise geregelt wurde, und der entfallende Brennstoffverbrauch ist teils aus diesem Grunde, teils wegen des Umstandes, dass die Erfinder ein sehr rasches Schmelzen durch Zuführung reichlicher Windmengen zur Bedingung machen [2]), verhältnismässig niedrig. Dass man indessen nicht im stande sei, in anderen zweckmässig eingerichteten Kupolöfen bei Benutzung der gleichen Brennstoffe und Zuführung der gleichen Windmengen ebenso günstige Betriebsergebnisse zu erzielen, lässt sich nicht behaupten, und die vorgeschriebene Regelung der Windzuführung durch die oberen Formen erheischt eine stete Beaufsichtigung, für welche nicht immer die erforderliche Musse vorhanden ist.

Fig. 28. Fig. 29.



Die untere Formenreihe des Ofens erhält wie bei den meisten neueren Irelandöfen ihren Wind von einem rings um den Ofen herumlaufenden Verteilungskanale aus; die obere Formenreihe durch senkrechte Düsenrohre, welche von einem gemeinschaftlichen Ringrohre ausgehen und deren jedes mit einer eignen Drosselklappe versehen ist, damit man befähigt sei, die Windzuströmung für jede einzelne Form zu regeln. Führt man noch Wind an Stellen zu, wo das Kohlenoxydgas bereits allzu verdünnt oder die Temperatur bereits allzu niedrig ist, um noch Verbrennung zu ermöglichen, so verbraucht man mechanische Arbeit zur Erzeugung des Windes, ohne Nutzen davon zu haben.

Der Krigarofen.

Dieser Ofen, um die Mitte der sechziger Jahre des 19. Jahrhunderts von Heinrich Krigar in Hannover (Firma Krigar und Ihssen)

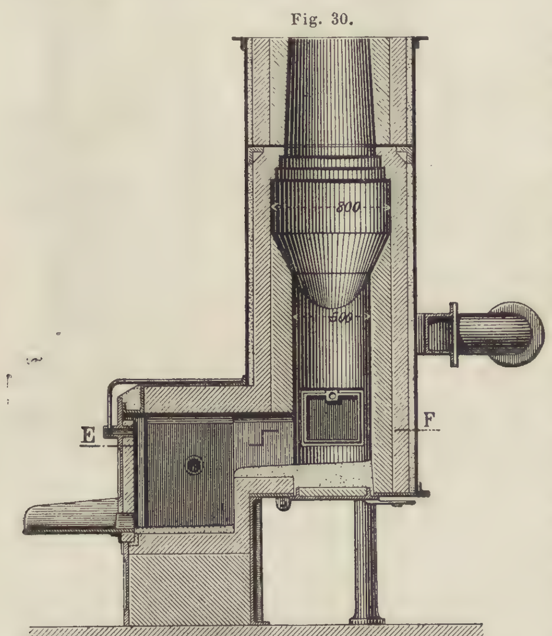
[1]) Bei Besprechung des chemischen Verlaufs des Kupolofenschmelzens werden Gichtgas-Analysen verschiedener Kupolöfen mitgeteilt werden.

[2]) Inwiefern durch rasches Schmelzen der Brennstoffverbrauch sich verringern lässt, wurde früher erläutert.

erfunden, erregte durch die Eigenartigkeit seiner Einrichtung und den für damalige Verhältnisse niedrigen Brennstoffverbrauch ziemlich bedeutendes Aufsehen und wird noch heute in einer nicht geringen Zahl von Eisengiessereien mit gutem Erfolge benutzt, sei es in der ursprünglichen Form oder mit später getroffenen Aenderungen.

Krigar führte bei den in den ersten Jahrzehnten gebauten Oefen den Wind, statt durch zahlreiche einzelne Windformen, durch zwei breite, einander gegenüberliegende, bis auf den Boden reichende, gewölbeartige Oeffnungen in den Ofen, deren jede eine Breite von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ des innern Ofenumfangs und eine Höhe von 500 bis 700 mm besass. Ein ringsherum laufender Kanal führte beiden Oeffnungen den Wind zu. Der Aufgabe, den Wind durch weite Querschnitte in den Ofen eintreten zu lassen, war demnach bei dieser Einrichtung in vollem Masse Genüge geschehen, und der gute Erfolg bestätigte bald die Zweckmässigkeit der getroffenen Anordnung.

Fig. 30.



Auch der schon erwähnte, bei verschiedenen Kupolofenformen (z. B. bei dem in Fig. 24 und 25 abgebildeten Ofen) in Anwendung gebrachte Vorherd ist eine Erfindung Krigars. Er gewährt den Vorteil, dass die Verbrennungs- und Schmelzvorgänge nicht durch die Höhe des im Herd sich ansammelnden flüssigen Metalls beeinflusst werden, und ist deshalb besonders für solche Oefen zweckmässig, in welchen grössere Mengen Metall angesammelt werden sollen, bevor zum Abstiche geschritten wird. Anderenteils ist es schwieriger, den Vorherd ausreichend warm zu bekommen und eine Abkühlung des flüssigen Eisens zu vermeiden, als wenn der Herd sich unmittelbar unter dem Schmelzraume befindet, und bei Kupolöfen, in welchen eine Ansammlung grosser Metallmengen nicht stattfindet, hat aus diesem Grunde die Anwendung eines Vorherdes sich nicht immer bewährt.

Im Laufe der Zeit nun haben sowohl der inzwischen verstorbene Erfinder der Krigaröfen als seine Geschäftsnachfolger mancherlei Veränderungen an dem Ofen vorgenommen.

Ein neuerer Krigarofen ist in Fig. 30 und 31 im Aufriss, Fig. 32, Schnitt nach der Linie EF, uud Fig. 33, Schnitt nach der Linie IK, dargestellt. Aus dem Verteilungskanale gelangt der Wind nicht mehr, wie

früher, auf dem ganzen Querschnitte der beiden breiten Windöffnungen in den Ofen, sondern er wird durch zwei schräg abwärts gerichtete Schlitze a a (Fig. 31) eingeblasen, deren Länge gleich der Breite jener Oeffnungen ist (bei dem abgebildeten Ofen 400 mm). Die beiden Schlitze sind zum Zwecke einer besseren Verteilung des Windes in verschiedener Höhe über dem Boden angeordnet. Jene Windgewölbe des älteren Ofens haben demnach ihre ursprüngliche Bedeutung zum Teil verloren; um jedoch eine kleinere Menge Wind auch in der früheren Weise einführen zu können,

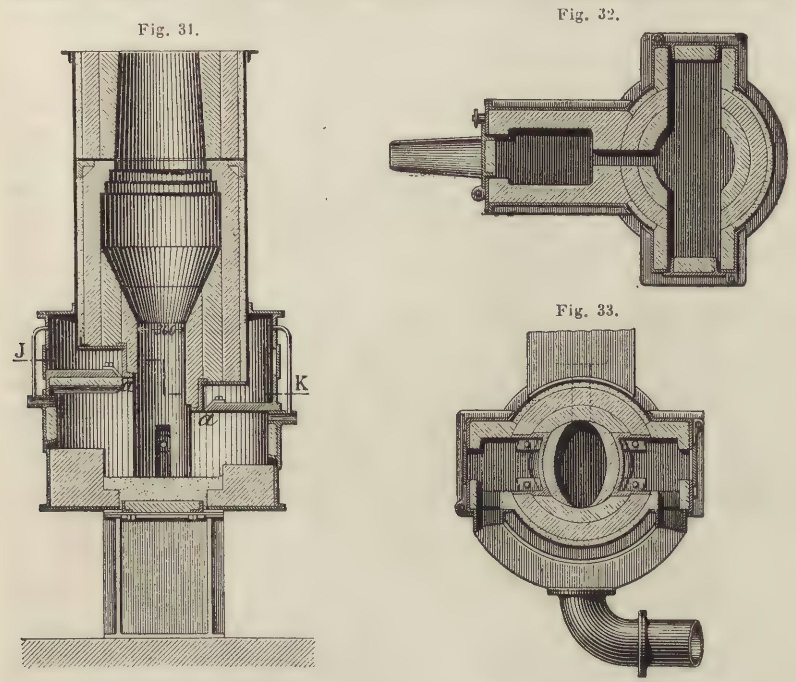


Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33.

sind die Kapseln der Schau- und Reinigungsöffnungen, wie die Abbildung Fig. 31 erkennen lässt, durch je ein kleines Rohr mit einem der beiden Windkästen verbunden, aus welchen der Wind in den Ofen gelangt. Diese Windkästen ragen ziemlich weit in den Ofen hinein und sind durch vorgesetztes Mauerwerk geschützt. Der Schacht erhält hierdurch in seinem Schmelzraume einen verengten Querschnitt von elliptischer Form, wodurch zwar, wie bei den ältern Irelandofen, die Erzielung einer hohen Temperatur erleichtert wird, der Niedergang der Schmelzmassen aber, besonders bei kleineren Oefen, erschwert werden kann.

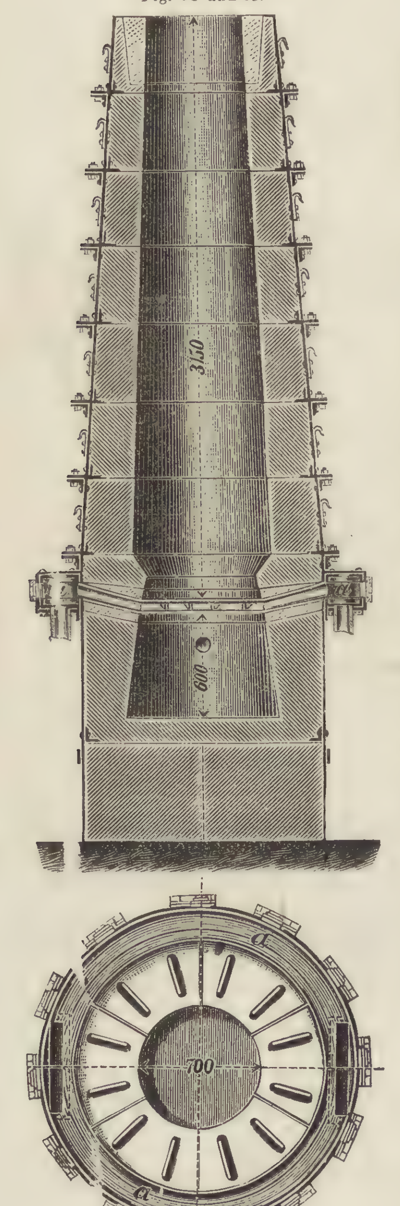
Als Vorteil der Krigaröfen wird hervorgehoben, dass die eintretende Verbrennungsluft zunächst auf die in die breiten Windöffnungen vorrollenden Koks trifft, ehe sie das schmelzende Eisen erreicht, und hierdurch ihres Gehalts an freiem Sauerstoff beraubt wird; ferner, dass die Windöffnungen nicht durch Schlacke versetzt werden können und daher einer Reinigung nicht bedürfen, auch vor Beschädigung geschützt sind.

Kupolöfen mit ringförmiger Windeinströmung.

Der Umstand, dass bei allen Kupolöfen mit einzelnen, an dem Umfange verteilten Windformen zwischen diesen ein Raum bleibt, welcher

von dem eintretenden Winde nicht berührt wird, gab zuerst dem Amerikaner Mackenzie Veranlassung, statt jener einzelnen Windformen einen ringsherum laufenden Schlitz, durch welchen der Wind auf dem ganzen Umfange eintreten konnte, anzuordnen. Der Schacht oberhalb des Schlitzes wird hierbei von einem Ringe getragen, welcher an dem entsprechend gestützten Blechmantel befestigt ist[1]).

Fig. 34 und 35.



Der gleiche Gedanke wurde später durch A. Fauler in Freiburg im Breisgau in etwas geänderter und verbesserter Form zur Ausführung gebracht. Die Abbildungen Fig. 34 und 35 zeigen die Einrichtung des Faulerschen Kupolofens im Auf- und Grundrisse. a a ist der ringsherum laufende, mit Schau- und Reinigungsöffnungen versehene, an dem Blechmantel des Ofens befestigte Verteilungskanal. Aus diesem gelangt der Wind in den gusseisernen, ringförmigen, aus Segmentstücken zusammengefügten Windkasten, welcher zugleich zum Tragen des Ofenschachtes bestimmt und zu diesem Zwecke mit eingegossenen senkrecht stehenden Rippen versteift ist (die Rippen sind im Grundrisse, welcher einen Schnitt durch den Windkasten darstellt, erkennbar)[2]). Eine fernere Eigentümlichkeit dieses Ofens ist die Art und Weise seines Aufbaues. Wie in Fig. 34 erkennbar ist, besteht der Ofen aus einzelnen ringförmigen, von einander unabhängigen Stücken, welche sich mit Hilfe angenieteter Haken leicht abnehmen und auswechseln lassen, sobald eine Ausbesserung notwendig wird. In-

---

[1]) Abbildung dieses Ofens: Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, Braunschweig 1875, Seite 523.

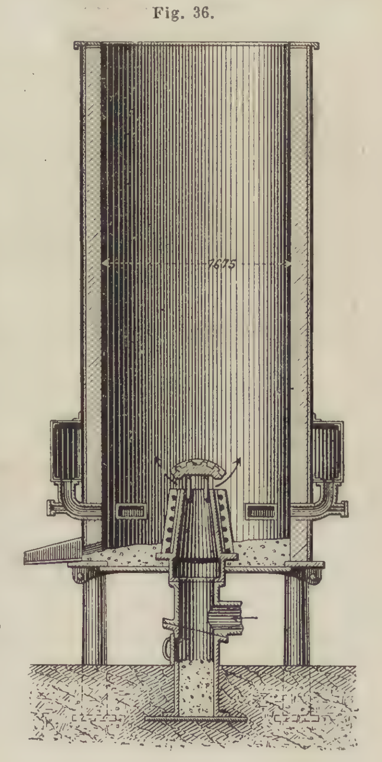
[2]) Eine Vorrichtung, um bei derartigen Oefen den Einströmungsquerschnitt veränderlich zu machen, ist von G. Polchan erfunden worden (D. R.-P. Nr. 47454 vom 8. Sept. 1888). Näheres hierüber; Dingler, Polytechniscses Journal, Band 274, S. 220.

dem man stets einige passende Stücke vorrätig hält, beschränkt man die Zeit für die Ausbesserung des Ofens auf ein kurzes Mass, und indem man das Ausmauern und Trocknen der betreffenden Stücke in einer besonderen Werkstatt vornehmen lässt, erhält man die Möglichkeit, diese Arbeit sorgfältiger auszuführen, als es innerhalb des Ofens selbst sich bewirken lässt. Ringe aus Winkeleisen oder T-Eisen, welche an die Blechringe, die den Mantel bilden, angenietet sind, dienen in der aus der Abbildung erkennbaren Art und Weise zur Verbindung der einzelnen Stücke wie zur Unterstützung des Futters während des Fortschaffens.

Wests Kupolofen mit innerer Windzuführung.

Je grösser der Durchmesser eines Kupolofens ist, desto schwieriger dringt der vom Umfange her eintretende Wind bis zur Mitte vor; es entsteht hierdurch die Gefahr, dass in der Mitte ein toter Raum sich bilde, in welchem weder Verbrennung noch Schmelzung stattfindet. Zur Vermeidung des Uebelstandes wurde 1893 von dem Amerikaner West der in Fig. 36 abgebildete Ofen gebaut, bei welchem ein Teil des Windes von der Mitte des Schachtquerschnitts aus zugeführt wird [1]). Die innere Windform ist in dicker Schicht mit feuerfestem Thon umkleidet, welcher durch angegossene Längsrippen und darübergelegte Schmiedeeisenringe festgehalten wird; darüber befindet sich eine pilzförmige, 30 mm starke Haube mit aufgegossenen Rippen und ebenfalls mit feuerfestem Thon bekleidet. Sie wird durch drei starke Schmiedeeisenstäbe getragen, welche in die Oeffnung der Windform gesteckt werden. In dem Fusse des senkrechten Zuleitungsrohrs ist eine durch einen Deckel verschlossene Oeffnung zur Entfernung von Schlacken und Kohlenstücken angebracht. Der äussere Wind wird durch sechs Schlitze von je 406 mm Breite und 75 mm Höhe eingeführt. Die Mündung des mittleren Windrohrs hat 200 mm Durchmesser, der Abstand der Haube von der Mündung beträgt 63 mm, der innere Durchmesser des Ofenschachts 1675 mm. Der Boden ist, wie der des Krigarofens, mit Klappe zum Ausräumen versehen. In amerikanischen Giessereien sind mehrere solcher Oefen im Betriebe, die sich gut bewährt haben sollen.

Fig. 36.



---

[1]) Nach Th. D. West, Metallurgy of cast iron, 1897, Seite 195.

Saugkupolöfen.

Die Absicht, die Anlage eines Gebläses für den Kupolofenbetrieb entbehrlich zu machen, war es jedenfalls, welche die erste Anregung gab, die Kupolofengase aus der Gicht abzusaugen, um hierdurch den erforderlichen Luftwechsel im Ofen zu erzeugen; der einfachste Weg zur Erreichung dieses Zweckes aber war es, die Gichtgase, während die Gicht verschlossen gehalten wird, durch eine Leitung zu führen, in welcher ein mit grosser Geschwindigkeit eintretender Dampfstrahl das Saugen bewirkt. Dass ein Dampfstrahl eine derartige Wirkung auszuüben vermöge, war schon seit dem Anfange dieses Jahrhunderts bekannt[1]), und für andere Zwecke, z. B. zur Speisung von Dampfkesseln, hatte man mehrfach Anwendung davon gemacht.

Innerhalb des in solcher Weise betriebenen Ofens wird durch das Absaugen der Gase eine Luftverdünnung erzeugt, welche ein Nachströmen der äusseren Luft zur Folge hat.

Da die Gicht, wie erwähnt, verschlossen gehalten werden muss, damit überhaupt jene Luftverdünnung stattfinden kann, ist eine mechanische Aufgichtungsvorrichtung notwendig, welche es ermöglicht, das Einfüllen der Schmelzstoffe, welches immerhin eine Oeffnung des Verschlusses erforderlich macht, auf eine sehr kurze Zeit zu beschränken.

Ein solcher Ofen wurde zuerst im Jahre 1865 durch den Engländer Woodward gebaut und in mehreren englischen, auch in einigen deutschen Giessereien zur Anwendung gebracht[2]). Die erlangten Erfolge waren jedoch nicht sehr befriedigend. Die Lufteinströmungsöffnungen des Woodwardofens waren, wie bei den meisten Kupolöfen der damaligen Zeit, knapp bemessen; der Ofen schmolz langsam und verbrauchte viel Dampf. So geriet er ziemlich bald wieder in Vergessenheit.

Unter dem Drucke äusserer Verhältnisse, insbesondere des behördlichen Verbots, in einer inmitten der Stadt belegenen Eisengiesserei einen gewöhnlichen Gebläsekupolofen aufzustellen, welcher beim Niederblasen reichliche Funkenmengen zu werfen pflegt, kam die Firma F. A. Herbertz in Köln in den achtziger Jahren auf die frühere Erfindung zurück und baute einen mit Dampfstrahl betriebenen Kupolofen, welcher, nachdem der Hauptfehler des Woodwardofens beseitigt worden war, günstigere Ergebnisse als dieser lieferte und seitdem in verschiedenen Giessereien eingeführt worden ist.

Die Abbildung Fig. 37 zeigt in $\frac{1}{50}$ der wirklichen Grösse die Einrichtung eines Herbertzofens aus dem Jahre 1886. Oben rechts sieht man das Ableitungsrohr für die Gase, in welches bei a der saugende Dampfstrahl eingeblasen wird. Auf der Gicht ruht ein Gusseisentrichter, durch eine glockenförmige, an einer Kette hängende Blechhaube c verschlossen. Der Raum rings um die Haube herum wird mit den einzuschüttenden Brennstoffen oder Roheisenstücken gefüllt; dann wird die

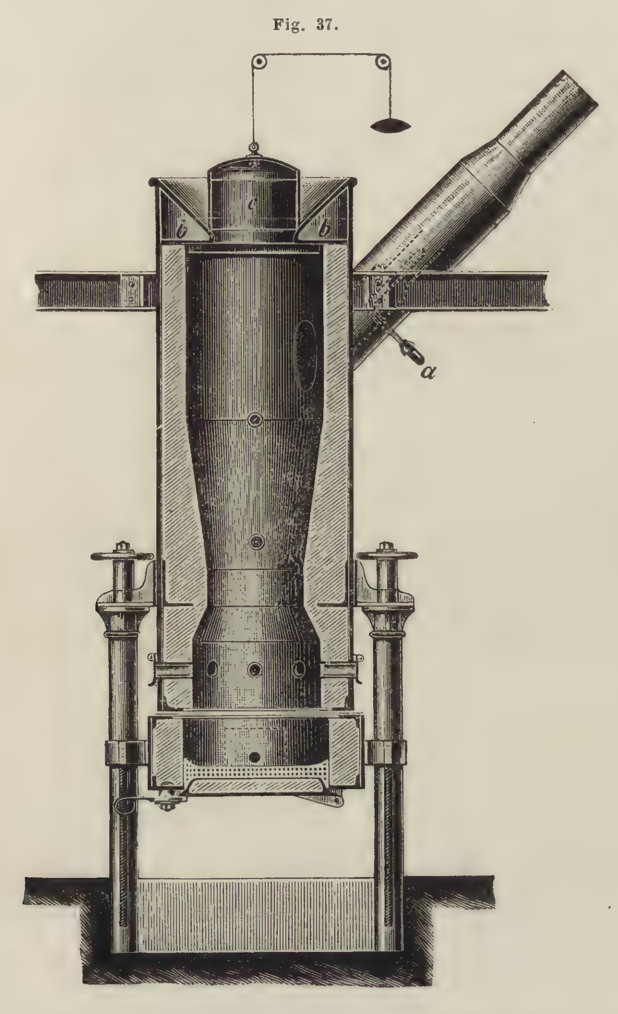
---

[1]) Engineering vom 29. November 1867; „Stahl und Eisen" 1886, Seite 400,

[2]) Abbildungen des Woodward-Ofens: Engineering, a. a. O.; Engineering and Mining Journal, vol. 47 p. 187; Berg- und hüttenmännische Zeitung 1866, Seite 44, 126; 1869, Seite 305.

Haube gehoben, die eingefüllten Massen stürzen in die Gichtöffnung, worauf diese sofort wieder geschlossen wird.

Fig. 37.



Die wichtigste Verbesserung, welche der Herbertzofen im Vergleiche zu dem älteren Woodwardofen aufweist, beruht in der Einrichtung der Lufteinströmungsöffnung. Wie bei dem Mackenzie- und Faulerofen besteht diese in einem ringförmigen, auf den ganzen Ofenumfang sich erstreckenden Schlitze, dessen Weite aber verstellbar ist. Zu diesem Ende ist der in einen Blechmantel eingeschlossene Ofenschacht vermittelst eines an den Blechmantel angeschraubten Eisenringes auf vier hohlen Gusseisensäulen gelagert, von welchen in der Abbildung zwei sichtbar sind. Der Sammelraum oder Herd ist von dem Schachte getrennt und hängt mit seitlich angebrachten, mit Muttergewinde versehenen An-

sätzen an vier Schraubenspindeln, welche innerhalb jener Säulen angebracht sind und mit Hilfe von Handrädchen am Kopfe der Säulen gedreht werden können. Bei der Drehung der Schrauben wird demnach der Herd auf- oder abwärts bewegt, der Luftschlitz zwischen Schacht und Herd verengt oder erweitert. Die Einrichtung ermöglicht somit eine Regelung des Luftzutrittes; durch den Versuch lässt sich ermitteln, welche Weite des Schlitzes die geeignetste für ein vorteilhaftes Schmelzen ist.

Oberhalb des Luftschlitzes sind im Schachte einige mit Verschlüssen versehene Reinigungsöffnungen zur Beseitigung von Schlackenansätzen angebracht.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, dass starke Windspannung Kohlenoxydgasbildung, geringe Spannung Kohlensäurebildung im Kupolofen befördert, dass also erstere ungünstig, letztere günstig für die Ausnutzung des Brennstoffs sei. Im Saugkupolofen aber herrscht kein Ueberdruck, sondern Luftverdünnung, wodurch also reichliche Bildung von Kohlensäure begünstigt wird. Angestellte Gasuntersuchungen [1]) beweisen die Richtigkeit dieser Thatsache, und demzufolge ist auch der Brennstoffverbrauch im Herbertzofen verhältnismässig niedrig.

Die Bedienung ist insofern bequem als der Luftschlitz zu jeder Zeit frei liegt und gereinigt werden kann, ohne dass erst, wie bei Gebläsekupolöfen, Verschlüsse geöffnet zu werden brauchen. Nach dem Schmelzen wird der Herd gesenkt, und Herd nebst Schacht sind dann leicht zugänglich zur Ausführung der erforderlichen Ausbesserungsarbeiten.

Das Gebläse nebst Zwischengelege, Windleitung u. s. w. kommt in Wegfall; aber dieser Ersparung steht ein Mehrverbrauch von Dampf gegenüber, welcher nach den vorliegenden Ermittelungen ungefähr doppelt so hoch ist (auf die gleiche Menge geschmolzenen Roheisens bezogen), als wenn man ein Gebläse mit Dampfmaschine betreiben lässt [2]).

Die Leistung des Herbertzofens, d. h. die Erzeugung an flüssigem Metall in bestimmter Zeit, bezogen auf einen gegebenen Schachtquerschnitt, ist geringer als die eines Gebläsekupolofens, und für weite Schächte, welche für grosse und rasche Schmelzen bestimmt sind, eignet sich der Saugkupolofen überhaupt weniger gut als ein Gebläsekupolofen, da die mit geringer Geschwindigkeit eintretende Luft die Neigung besitzt, an den Ofenwänden emporzusteigen und die in der Mitte befindlichen Koks unberührt zu lassen. Durch Anwendung eines länglichen statt kreisrunden Querschnitts des Ofenschachts hat man in einzelnen Fällen diesen Nachteil zu beseitigen gesucht, ohne dass der Erfolg jedoch immer befriedigend gewesen wäre. Wo dagegen nur kleine Mengen Metall in bestimmter Zeit geschmolzen werden sollen, ist man mit der Leistung der Herbertzöfen wohl zufrieden gewesen.

Statt eines Dampfstrahls kann unter Umständen auch der durch eine ausreichend hohe und weite Esse erzeugte Luftzug genügen, einen Kupolofen zu betreiben, sofern dessen Höhe und Querschnitt nicht bedeutend sind. Wenn ein solcher Kupolofen zwar noch weniger als der

---

[1]) Bei Besprechung des chemischen Verlaufs mitgeteilt.

[2]) Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Band 19, Seite 172.

Herbertzofen befähigt sein kann, reichliche Mengen Metall in kurzer Zeit zu schmelzen, so vermag er doch in kleinen Giessereien zum Ersatze des kostspieligeren Tiegelschmelzens mitunter gute Dienste zu thun. Die Luftzuführung kann hierbei in ähnlicher Weise wie bei dem Herbertzofen bewirkt werden, d. h. der Schacht wird frei aufgehängt und ist durch den ringsherum laufenden Luftschlitz von dem Herde getrennt, welcher durch eine besondere Vorrichtung getragen wird. Eine Verstellbarkeit des Luftschlitzes nach Herbertz Einrichtung würde zweckmässig sein. Unterhalb der geschlossenen Gicht führt ein seitlicher Kanal die Gase zur Esse[1]).

c) Regeln für den Entwurf und den Aufbau der Kupolöfen.

Abmessungen und Aufbau. Wie schon erwähnt wurde und die mitgeteilten Abbildungen erweisen, gibt man dem Kupolofenschachte meistens cylindriche Form, allenfalls mit einer schwachen Verengung im untern Teile, um hier reichlichere Wandstärken zu erhalten. Ein von vornherein cylindrischer Schacht baucht sich allmählich unten aus; ist er dagegen unten etwas verengt, so nimmt er beim Wegschmelzen annähernd cylindrische Form an und bleibt länger benutzbar, bevor er neu ausgemauert werden muss. Die Verengung darf jedoch nicht so beträchtlich sein, um das Niederrücken der Schmelzstoffe zu erschweren (wie bei den älteren Irelandöfen Fig. 21).

Bisweilen, z. B. bei den ersten Krigaröfen, hat man zur bessern Erleichterung jenes Niederrückens den Schacht unten etwas weiter als oben gemacht, ihm also die Form eines abgestumpften Kegels gegeben. Hierbei entsteht aber der Nachteil, dass die Verbrennungsluft schwieriger bis zur Mitte vordringt, die hier befindlichen Kohlen leicht unverbrannt bleiben und die Gase vorwiegend an den Wänden emporsteigen.

Kreisform des Ofenquerschnitts ist in den allermeisten Fällen die geeignetste, weil der Kreis den geringsten Umfang (bei gegebener Fläche) besitzt, und demnach die Wärmeverluste des Ofens nach aussen hin bei dieser Querschnittsform am geringsten sind; ausserdem auch, weil das Niedergehen der Schmelzsäule am gleichmässigsten innerhalb eines Schachtes mit Kreisform stattfindet. Ein länglicher (rechteckiger, elliptischer) Ofenquerschnitt kann dagegen bei sehr grossen Querschnittsabmessungen gerechtfertigt sein, um das Vordringen der eintretenden Verbrennungsluft bis zur Ofenmitte zu erleichtern, sofern man nicht vorzieht, einen Teil davon, wie bei Wests Kupolofen (Fig. 36), von der Mitte aus einzuführen.

Von der ins Auge gefassten Leistung eines anzulegenden Kupolofens muss die Grösse des Schachtquerschnitts abhängig sein.

Man ist allerdings wohl im stande, durch Verringerung der Windmenge (also bei einem und demselben Ofen durch Ermässigung der Windspannung) ein verzögertes Schmelzen herbeizuführen; aber die Wärmeverluste des Ofens durch Ausstrahlung in der Zeiteinheit bleiben dieselben, ob man rasch oder langsam bläst, fallen also, wenn man sie auf die Gewichtseinheit Roheisen bezieht, höher aus und verursachen

---

[1]) Abbildung eines solchen in Grossbritannien patentierten Kupolofens (Hiltons Kupolofen): „Stahl und Eisen", 1889, Seite 887.

demzufolge einen höheren Brennstoffverbrauch bei kleiner als bei grosser Erzeugung; auch die Bildung von Kohlenoxydgas wird befördert, und die Ausnutzung des Brennstoffs dadurch benachteiligt, wenn die Gase allzu träge im Ofen emporsteigen. Bei einem zu stark beschleunigten Schmelzen dagegen, d. h. bei allzu reichlicher Windzuführung, wird nicht nur zur Erzeugung der höheren Windspannung mechanische Arbeit verbraucht, sondern die rasch entweichenden Gase finden auch weniger Gelegenheit ihre Wärme abzugeben, entweichen mit höherer Temperatur, und die Wärme wird weniger vollkommen ausgenutzt. Die Erfahrung lehrt indessen, dass die Grenze des Zulässigen weniger leicht in letzterer als in ersterer Beziehung erreicht wird, d. h. dass man weniger ängstlich zu sein braucht, zu rasch als zu langsam zu schmelzen. Rasches Schmelzen wurde demgemäss schon oben als eine wichtige Bedingung zur Erzielung günstiger Betriebsergebnisse hingestellt. Die Leistungsfähigkeit der meisten für Kupolofenbetrieb benutzten Gebläse setzt einer zu starken Beschleunigung des Schmelzens ohnehin ein Ziel.

Auch die Beschaffenheit der zur Verfügung stehenden Koks spricht hierbei mit. Je aschenreicher sie sind, eine desto grössere Menge muss in gleichen Zeiträumen zur Erzeugung der nämlichen Wärmemenge verbrannt werden; je leichter sie sind, desto mehr Raum beanspruchen sie, desto reichlichere Mengen von Kohlenoxydgas entwickeln sie, und desto mehr Koks müssen ebenfalls zum Schmelzen der gleichen Roheisenmenge verbrannt werden. Aschenreiche und leichte Koks erheischen demnach auch weitere Schachtdurchmesser als aschenarme und dichte.

Für 1000 kg stündlich zu schmelzenden Roheisens kann man als Schachtquerschnitt eines Gebläsekupolofens im Schmelzraume 700 bis 800 qcm rechnen, je nachdem aschenarme, dichte, oder aschenreichere, leichtere Koks zur Verfügung stehen. Dabei ist angenommen, dass das Gebläse eine Windspannung von 400 bis 600 mm Wassersäule, abhängig von der Höhe des Ofens, zu liefern befähigt sei. Ergeben sich hierbei kleinere Schachtdurchmesser als 50 cm, welche das Einsteigen in den Schacht zum Zwecke der Ausbesserungen nicht mehr gestatten würden, so ist ein Aufbau wie bei Faulers Kupolofen (Fig. 34) ratsam.

Reichlicher als bei Gebläsekupolöfen muss bei Saugkupolöfen der Schachtquerschnitt bemessen werden. Bei den Herbertzöfen beträgt der Schachtquerschnitt für je 1000 kg stündlich zu schmelzenden Eisens etwa 1500 qcm., mitunter noch etwas darüber.

Der Gesamtquerschnitt der Windeinströmungen muss den früheren Ausführungen gemäss so beträchtlich sein, dass die messbare Windspannung nur von den Widerständen im Ofen, nicht von den Ausflussquerschnitten der Leitung abhängt. Man kann als geringstes Mass hierfür $1/8$ des Schachtquerschnittes im Schmelzraume annehmen, geht aber mitunter bis auf $1/2$ des Schachtquerschnitts und darüber. Die Art und Weise der Anordnung der Einströmungsöffnungen spricht hierbei mit, da zwischen ihnen stets soviel Zwischenraum bleiben muss, dass die Standfestigkeit des Mauerkörpers gewahrt bleibt. Bei dem Irelandofen, wo die Formenreihen weit auseinander liegen, pflegt man den Oeffnungen $1/4$ bis $1/2$ des Schachtquerschnitts zu geben und den Gesamtquerschnitt in der oben bei Besprechung der Einrichtung dieses Ofens erwähnten Art und Weise auf die einzelnen Formen zu verteilen; beim ältern Krigar-

ofen findet man den Gesamtquerschnitt der beiden kurzen, den Wind abwärts in die Gewölbe führenden Kanäle gleich $^1/_5$ bis $^1/_8$ des Schachtquerschnitts.

Die Höhe der Formöffnungen über dem Boden des Ofens richtet sich danach, ob man einen Ofen mit oder ohne Vorherd anlegen will. Im ersteren Falle ordnet man die Formen nur so hoch über der höchsten Stelle des (in diesem Falle abschüssigen) Bodens an, als erforderlich ist, um das Hineintreten von Schlacken zu verhüten; soll dagegen der Vorherd während des Schmelzens durch einen Teil der Ofengase geheizt werden (Ibrüggerofen u a.), so ist es erforderlich, dass unterhalb der Formen Raum für eine Koksschicht geschaffen werde, durch welche die Gase hindurchstreichen, ehe sie in den Vorherd eintreten, dass also die Windformen mindestens 40 cm Abstand vom Boden erhalten. Bei Oefen ohne Trennung des Sammelraums vom Schmelzraume muss die Menge des mit einem Male anzusammelnden Roheisens den Ausschlag geben, wobei man auch die stets vorhandene Schlackendecke von einigen Centimetern Höhe in Rechnung zu ziehen hat. Für 1000 kg anzusammelnden Roheisens kann man demnach einen räumlichen Inhalt des Herdes von etwa 0,16 cbm rechnen. Je höher aber die Formen über dem Boden liegen, desto schwieriger ist es, den letzteren ausreichend warm zu erhalten, und man geht deshalb nicht gern über 80 cm Abstand zwischen Boden und Windformen hinaus. Um nicht durch allzu reichliche Schlackenmengen belästigt zu werden, ist es rätlich, eine oder mehrere Schlackenstichöffnungen in entsprechender Höhe anzubringen, durch welche beim Ansammeln grosser Roheisenmengen die Schlacke abgelassen werden kann. Sie können an irgend einer passenden Stelle des Umfangs angebracht werden; bei dem Ofen Fig. 30 sieht man eine solche Oeffnung in der Seitenwand des Vorherdes. Aeusserlich befestigt man davor eine kurze Rinne, um das Auffangen der ausfliessenden Schlacke in einer Pfanne zu erleichtern.

Als geringste Höhe des Ofenschachts oberhalb der Formen kann man 2,5 m, als grösste Höhe 6,0 m annehmen. Zu niedrige Oefen lassen die Gase zu rasch entweichen, ehe sie ihre Wärme abgegeben haben, zu hohe erschweren ihnen das Durchdringen der Schmelzsäule und verzögern dadurch das Schmelzen oder machen eine höhere Windpannung erforderlich. Mit dem Durchmesser des Ofens steigert man auch seine Höhe.

Das feuerfeste Futter (die Schachtmauerung) wird am geeignetsten aus guten, nach Mass bestellten Schamottsteinen hergestellt. Seine Stärke soll mindestens 150 mm betragen und nicht über 300 mm hinausgehen. Erfahrungsmässig wird durch ein sehr dickes Futter keineswegs eine erhebliche Verminderung der Wärmeverluste erreicht; dagegen werden die dickeren Steine stärker als dünne erhitzt und sind deshalb dem Wegschmelzen rascher ausgesetzt als diese. Ist aber ein gewisser Teil der Steine abgeschmolzen, hat sich also der Schachtdurchmesser um ebensoviel erweitert, so ändern sich die Betriebsergebnisse meistens derartig, dass ohnehin eine Auswechselung des Futters notwendig wird, und der Verlust an Material ist dann natürlich bei übermässig dicken Steinen grösser als bei dünnen.

Die Steine werden vor der Einmauerung in der richtigen Anordnung zusammengestellt, durch Schleifen gut zusammen gepasst, so dass dichtschliessende Fugen entstehen, und dann mit Hilfe eines Bindemittels vermauert, welches aus gemahlenen alten Schamottsteinen mit Thonwasser besteht und die Form eines sehr dünnen Breies besitzt. Man taucht den betreffenden Stein mit den Flächen, welche die Fugen bilden sollen, hinein und reibt ihn an den benachbarten Steinen fest an. Ein Einbetten des Steins in eine vorher an die Lagerstelle desselben gebrachte Mörtelschicht, wie es bei gewöhnlichen Mauerungen mit Kalkmörtel üblich ist, muss bei Schmelzöfen vermieden werden; schon beim ersten Schmelzen würde eine klaffende Fuge entstehen, die den zerstörenden Einflüssen weitere Angriffspunkte darböte. Je dichter die Fuge, desto haltbarer die Mauerung.

Für den Mantel wählt man Kesselblech von 8 bis 10 mm Stärke. Dass zwischen Mauerung und Mantel ein Zwischenraum von etwa 10 mm bleiben müsse, damit das Futter beim Erhitzen sich unbehindert in der Weite und Höhe ausdehnen kann, wurde schon oben erwähnt. Bei der Herstellung des Mantels kann man zwar, wie gewöhnlich bei Vernietungen von Kesselblechen, die Enden der Bleche übereinanderlegen und durch je eine Nietreihe verbinden; zweckmässiger, wenn auch etwas kostspieliger, ist es, die Enden der Bleche stumpf voreinander (statt übereinander) stossen zu lassen, aussen einen Streifen Flacheisen auf die Fuge zu legen und durch eine doppelte Nietreihe mit nach innen versenkten Köpfen die Verbindung herzustellen.

Die Thüröffnung im Schachte muss, damit sie das Einsteigen eines Arbeiters ermögliche, mindestens 360 mm breit und 500 bis 600 mm hoch sein. Man schliesst sie durch eine, am besten aus starkem Eisenblech gefertigte Thür, welche auf irgend eine einfache Weise — durch Riegel, Vorreiber, Klinke und Angeln, oder dergleichen, wie aus den Abbildungen ersichtlich — befestigt wird.

Mantel und Schacht ruhen gewöhnlich auf einer gusseisernen Bodenplatte, an welcher der Mantel durch einige Schrauben befestigt wird. Um die Platte vor dem Werfen zu schützen, spart man in der Mitte zweckmässigerweise eine kreisrunde Oeffnung aus, welche bei den Oefen mit Vorherd (auch bei dem Herbertzofen) durch eine Klappe geschlossen werden kann (vergl. die betreffenden Abbildungen). Auf dieser Bodenplatte wird, nachdem der Ofen im übrigen fertig zugestellt ist, eine 7 bis 10 cm starke Lage aus feuerfester Masse oder Quarzkörnern mit thonigem Bindemittel — der Herdboden — aufgestampft und vorsichtig getrocknet. Bei Oefen mit Vorherd gibt man zweckmässigerweise dem Boden eine ziemlich starke Neigung nach dem Vorherde zu und unterstützt die Bodenplatte in der aus den Abbildungen ersichtlichen Art und Weise; bei Oefen ohne Vorherd legt man die Bodenplatte wagerecht und stampft nur den Herdboden mit einer Neigung nach dem Abstiche zu auf. Die Anwendung einer Bodenplatte wird entbehrlich, wenn man auch den Sockel des Ofens durch den Blechmantel einfasst. (Fig. 34).

Oben wird der Schacht durch eine ringförmige Gusseisenplatte geschützt, welche vom Mantel getragen wird und mit einem Borde über dessen Rand übergreift. Zwischen der Oberkante des gemauerten Schachts

und der unteren Fläche des Ringes lasse man einen Spielraum von etwa 15 mm, um die Ausdehnung des Schachtmauerwerkes nicht zu behindern.

Das Stichloch erhält 6 bis 8 cm Durchmesser und wird häufig in der Thür angeordnet. Beim Anblasen müssen die Gase, damit der Herd genügend vorgewärmt werde, durch das Stichloch austreten; ist dessen Durchmesser zu eng, so bleibt der Herd kalt und das Eisen wird matt.

Die Länge der Gussrinne vor dem Stichloche (welche am einfachsten aus Blech gefertigt und an die Thür angenietet wird) kann 0,5 bis 1 m betragen.

Die Einrichtung des Vorherdes, falls man einen solchen anordnet, ergibt sich aus den Abbildungen. Seine Grösse muss nach der Menge des anzusammelnden Roheisens bemessen werden.

Ein besonders kräftiger Unterbau ist bei dem nicht bedeutenden Gewichte des Kupolofens nicht erforderlich. Es genügt, den Sockel etwa $^3/_4$ bis 1 m tief in den Erdboden einzubauen, sofern nicht eine ausnahmsweise ungünstige Beschaffenheit des Baugrundes besondere Vorsichtsmassregeln zweckmässig erscheinen lässt.

Um dem verhältnismässig raschen Wegschmelzen des Ofenfutters vorzubeugen, hat man hier oder da Wasserkühlungen zur Anwendung gebracht. Man kann hierbei in der nämlichen Weise wie bei Eisenhochöfen verfahren, d. h. an einzelnen Stellen des Schmelzraums an Stelle der feuerfesten Steine Eisenkästen — am besten aus Eisenblech gefertigt — einlegen, durch welche von einem höher gelegenen Behälter aus ununterbrochen Wasser in solcher Menge hindurchfliesst, dass das abfliessende nicht stärker als auf etwa 50 °C. erwärmt wird. Damit man sicher ist, dass der Kühlkasten stets mit Wasser gefüllt sei, lässt man das Wasser zweckmässigerweise von unten zu- und oben austreten, und legt die Ausmündung des Abflussrohrs frei, so dass sie der Beobachtung in jedem Augenblicke zugänglich ist.

Eine sehr weitgehende Kühlung hat man zuerst versuchsweise bei einem auf dem Eisenwerke Gröditz erbauten Kupolofen [1]), dann auch längere Zeit bei einigen Kupolöfen angewendet, welche von Gmelin auf ungarischen Eisenwerken gebaut wurden [2]). Der ganze Schmelzraum ist hier durch einen hohlen Eisenblechmantel ohne Steinausfutterung umgeben, welcher mit dem stetig zu- und abfliessenden Kühlwasser gefüllt ist. Die Stärke der Wasserschicht — also der Abstand der inneren Wand des Mantels von der äusseren — beträgt etwa 9 cm. Die Windformen sind in dem hohlen Mantel ausgespart.

Ein erheblicher Mehrverbrauch an Brennstoff wird durch solche Wasserkühlungen nicht hervorgerufen, da der Kupolofen mit schlechten Wärmeleitern — Gasen und Koksstücken, welche sich nur teilweise berühren — angefüllt ist und demzufolge die von den Ofenwänden ausgehende Abkühlung sich nur auf sehr geringe Entfernungen in das Innere erstreckt. Auch bei den zuletzt erwähnten Oefen mit vollständig gekühltem Schmelzraume herrschte in nächster Nähe von der Ofenwand

[1]) Berg- und hüttenmännische Zeitung, 1878, S. 149.

[2]) Oestr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen, 1882, S. 526.

hellste Weissglut. Trotzdem ist die Anwendung der Wasserkühlungen ziemlich vereinzelt geblieben. Während ein Hochofen jahrelang in möglichst ununterbrochenem Betriebe bleiben soll, pflegt ein Giesserei-Kupolofen allabendlich kalt gelegt zu werden; bei ersterem besitzt deshalb die Erhaltung des Mauerwerks eine ungleich grössere Wichtigkeit als bei letzterem, welcher täglich ausgebessert werden kann. Durch die Anbringung der Wasserkühlungen aber verliert die Einrichtung des Ofens an Einfachheit, und da das Kühlwasser stets von einem höher gelegenen Behälter aus unter entsprechendem Drucke zugeführt werden muss, ist eine Pumpe und mechanische Arbeit zu deren Betriebe erforderlich. Man hat meistens gefunden, dass der erzielte Nutzen nicht im Einklange zu diesen Mehrausgaben steht.

Winderwärmung. Die günstigen Erfolge, welche man seit 1830 bei dem Eisenhochofenbetriebe durch Anwendung erhitzter Gebläseluft erzielte, haben vielfach die Meinung hervorgerufen, dass es auch beim Kupolofen möglich sein müsse, Brennstoff zu sparen, wenn man ihm erwärmte statt kalter Luft zuführe.

Auf dieser Anschauung fussend baute man in früherer Zeit nicht selten Winderhitzer, den bei Hochöfen benutzten ähnlich, in welchen der Wind mitunter auf mehrere hundert Grade erhitzt werden konnte, und so lange man wegen fehlerhafter Windzuführung in den Kupolöfen ein kohlenoxydreiches Gasgemenge erzeugte, welches an der Gicht mit langer blauer Flamme verbrannte, konnte man diese zur Heizung jener Vorrichtungen benutzen. Die Einrichtung bewährte sich jedoch schon deshalb nicht, weil die aus eisernen Röhren bestehenden Winderhitzer infolge der beim Kupolofenbetriebe unvermeidlichen täglich eintretenden Abkühlung und Wiedererhitzung sehr häufigen Brüchen ausgesetzt waren.

Man beschränkte sich deshalb später darauf, die Luft in Kanälen vorzuwärmen, welche am Kupolofen selbst angebracht waren; insbesondere häufig suchte man jenem Verteilungskanale, aus welchem bei vielen neueren Kupolöfen (Irelandofen, Ibrüggerofen, Krigarofen u. a. m.) der Wind zu den Formen gelangt, eine solche Lage zu geben, dass die durch ihn hindurchstreichende Luft die von den Ofenwänden ausgehende Wärme aufzunehmen befähigt wird. Manche Erfinder von Kupolöfen rühmen es als einen besonderen Vorzug der von ihnen ersonnenen Einrichtung, dass der Wind in jener Weise vorgewärmt werde.

Eine besonders starke Erwärmung lässt sich nun freilich auf diesem Wege nicht erreichen[1]), und daher kann auch der Nutzen solcher Einrichtungen nur unbedeutend sein. Im günstigsten Falle könnte soviel Brennstoff dadurch gespart werden, als zur Erzeugung der von dem erwärmten Winde mitgebrachten Wärme erforderlich gewesen sein würde. Rechnet man, dass zur Verbrennung von 1 kg Koks 8,5 cbm oder 11 kg Luft mit der spezifischen Wärme 0,237 erforderlich sind, so würde diese Luft, wenn sie um 80° stärker als bei ihrem Eintritte in die Leitung erwärmt würde, $11 \times 80 \times 0{,}237 = 208$ Wärmeeinheiten dem Ofen zuführen, d. i. ungefähr $^1/_{25}$ von der Wärme, welche der Koks an und für sich im Kupolofen zu entwickeln fähig ist.

---

¹) Nach meinen Ermittelungen höchstens 80° C.

Andererseits lässt sich behaupten, dass eine stärkere Winderhitzung beim Kupolofenschmelzen nicht nur keine Ersparung an Brennstoff, sondern sogar einen Mehrverbrauch herbeiführen würde, sofern der Kupolofen den oben besprochenen Regeln gemäss eingerichtet ist und betrieben wird. Die Erklärung dafür findet man in dem Einflusse, welchen die Winderhitzung auf den Verbrennungsvorgang ausübt. Auch hier kommt in Betracht, dass im Eisenhochofen jener Verbrennungsvorgang ganz anders sein muss als im Kupolofen; dort soll Kohlenoxydgas, hier Kohlensäure gebildet werden. Durch die Erhitzung der Verbrennungsluft wird aber die chemische Thätigkeit des Sauerstoffs gesteigert: jedes Atom Sauerstoff verbrennt von dem stets genügend vorhandenen Kohlenstoff ein Atom ($O + C = CO$) und bildet Kohlenoxydgas; bei kaltem Winde sind zwei Sauerstoffatome zur Verbrennung von 1 Atom Kohlenstoff erforderlich ($2\ O + C = CO_2$), und es entsteht Kohlensäure. Die gleiche Menge Brennstoff liefert in dem ersteren Falle nur ein Drittel der Wärme als im zweiten Falle. Je zweckmässiger der Kupolofen eingerichtet ist, d. h. mit je weniger Brennstoffaufwand er das Roheisen zu schmelzen vermag, desto deutlicher wird jener Nachteil der Anwendung erhitzten Windes zu tage treten.

Die Erfahrung hat längst diese Thatsache bestätigt.

Kupolofenesse. Eine Esse ist auch bei Gebläsekupolöfen notwendig, um die ausströmenden Gase, die ausgeworfenen Funken und die beim Ausblasen entstehende Flamme über das Dach des Giessereigebäudes hinaus in die freie Luft fortzuleiten.

Der bequemeren Herstellung halber stellt man in den meisten Fällen diese Esse unmittelbar auf den Kupolofen und umgibt sie, wie diesen, mit einem Eisenblechmantel, so dass Ofen und Esse zusammen ein Ganzes bilden. In Fig. 21 wurde bereits eine solche Anordnung der Esse veranschaulicht.

Als sehr zweckmässig lässt sich jedoch diese Einrichtung nicht bezeichnen. Bei jeder vorzunehmenden Aenderung in der Höhe oder dem äusseren Durchmesser des Ofens wird die Esse in Mitleidenschaft gezogen; beim Ausblasen allabendlich wird sie durch die sich entwickelnde heisse Flamme, welche in ihr wie in einem engen Rohre emporschlägt, stark erhitzt, und eine Ausfutterung mit feuerfesten Ziegeln ist erforderlich, wenn sie nicht häufigen Ausbesserungen unterzogen werden solle.

Zweckmässiger ist jedenfalls die in Fig. 38 und 39 a. f. S. abgebildete Einrichtung. Man stellt hier die Esse selbständig auf einen geeigneten Unterbau; gewöhnlich lässt sich die Einrichtung in der durch die Abbildung veranschaulichten Weise bewirken. F ist eine Gebäudewand, hinter welcher die Kupolöfen aufgestellt sind. L ist ein gusseiserner Rahmen, etwa anderthalb Meter oberhalb des Kupolofens mit zwei Enden in der Wand F, mit den beiden entgegengesetzten Enden auf Säulen ruhend, deren Stelle in manchen Fällen durch eine zweite Gebäudewand ersetzt wird. Auf dem Rahmen ist die Esse aufgeführt. Da zwischen Esse und Ofen die frische Luft stets Zutritt hat und sogar angesaugt wird, bleibt die erstere kalt und kann ganz leicht (etwa 12 cm stark) aus Ziegelmauerwerk aufgeführt und durch einige umgelegte schmiedeeiserne Anker gesichert werden.

Fig. 38.

Fig. 39.

Um die umliegenden Teile des Gebäudes vor der strahlenden Wärme zu schützen, welche von der beim Niedergehen der letzten Gichten wachsenden Flamme ausgeht, versieht man den Ofen mit einem Aufsatze

M aus dünnem Bleche mit feuerfestem Futter, bis in den Schornstein hineinragend und mit einer Thüröffnung zur Bedienung des Ofens versehen. Auf diese Weise wird die Esse unabhängig vom Ofen, so dass man letzteren abreissen und durch einen anderen ersetzen kann, ohne durch die Esse behindert zu werden; die Aufmauerung ist wegen des vierseitigen Querschnittes einfacher als bei der zuerst beschriebenen kegelförmigen Esse, und Ausbesserungen werden kaum jemals notwendig.

3. Die Kupolofengebläse und die Windberechnung.

Die Anforderungen, welche an ein Kupolofengebläse gestellt werden, sind ziemlich einfach. Es soll eine der stündlich zu schmelzenden Roheisenmenge entsprechende Menge Wind liefern und diesen auf den zum Durchdringen der Schmelzsäule erforderlichen Druck verdichten. Dieser Druck ist jedoch ziemlich unbedeutend, wenn man ihn mit dem für andere metallurgische Verfahren, z. B. den Betrieb eines Eisenhochofens, erforderlichen Drucke vergleicht, und steigt selten über 60 g auf 1 qcm (600 mm Wassersäule); andererseits kann als der geringste Druck, welchen jedes Kupolofengebläse mit Sicherheit zu liefern imstande sein sollte, 30 g auf 1 qcm (300 mm Wassersäule) bezeichnet werden. Da die Widerstände, welche dem Aufsteigen der Gase im Ofen sich entgegensetzen, mit dessen Höhe zunehmen, und da der eintretende Wind um so schwieriger bis zur Ofenmitte vordringt, je grösser dessen Durchmesser ist, muss die Windspannung (der Winddruck) sowohl mit der Höhe als dem Durchmesser des Ofens wachsen.

Da ein Kupolofengebläse nicht, wie die Gebläse der Eisenhochöfen, ununterbrochen zu arbeiten hat, sondern nur einige Stunden im Verlaufe des ganzen Tages im Betriebe zu sein pflegt, ist die Wartung einfach, erforderliche Ausbesserungen lassen sich gewöhnlich rechtzeitig ausführen, ohne einen Stillstand des Betriebes zu veranlassen, und die Einrichtung des Gebläses braucht weniger als bei ununterbrochenem Betriebe auf ausserordentliche Dauerhaftigkeit der einzelnen Teile berechnet zu sein; immerhin aber ist es erforderlich, dass das Gebläse in einer Weise gebaut sei, um während des mehrstündigen täglichen Betriebes regelmässig den erforderlichen Wind zu liefern, ohne dass Stillstände dabei erforderlich werden.

Diese Eigentümlichkeiten der Kupolofengebläse machen die Benutzung eines Cylindergebläses, welches für andere Betriebe (Hochofenbetrieb, Bessemer- und Thomasbetrieb) unentbehrlich ist, wenig geeignet für den Kupolofenbetrieb in Eisengiessereien. Denn das Cylindergebläse bildet zwar die vollkommenste Gebläsemaschine in solchen Fällen, wo reichliche Windmengen und hohe Windspannungen verlangt werden[1], aber seine Anlagekosten sind sehr beträchtlich, seine Aufstellung erheischt eine beträchtliche Grundfläche, und seine Arbeitswirkung wird ungünstiger bei niedrigen Windspannungen.

[1]) Bei grossen Eisenhochöfen ist eine Windspannung von durchschnittlich 300 g, beim Bessemerbetriebe eine Windspannung von durchschnittlich 1500 g auf 1 qcm erforderlich.

Zwei Gebläseformen sind es vornehmlich, welche beim Kupolofenbetriebe zur Anwendung kommen: das Schleudergebläse, auch Zentrifugalgebläse oder Ventilator genannt, und das Kapselgebläse.

Das Schleudergebläse besteht aus einem Gehäuse mit kreisförmigem Umfange, in welchem eine Flügelwelle mit sehr grosser Umfangsgeschwindigkeit sich dreht. Die zwischen den Flügeln befindliche Luft wird bei dieser raschen Drehung nach dem Umfange des Gehäuses hin verdichtet und durch ein tangential gegen den Umfang gerichtetes Auslassrohr entfernt, während von aussen her frische Luft durch entsprechend weite Oeffnungen nachströmt, welche rings um die Achse des Flügelrades herum im Gehäuse angebracht sind[1]).

Für die Anwendung eines Schleudergebläses ist die Kenntnis folgender, in der geschilderten Wirkungsweise begründeter Thatsachen von Wichtigkeit:

a) Die Menge des gelieferten Windes steht im geraden Verhältnisse sowohl zu der Umlaufsgeschwindigkeit der Flügel als der Grösse des Ausflussquerschnitts.

b) Die Pressung des Windes ist abhängig von der Geschwindigkeit der Flügel, unabhängig von dem Ausflussquerschnitte.

Hieraus folgt dann:

c) Bei gleich bleibender Umdrehungszahl eines Schleudergebläses verringert sich die geförderte Luftmenge mit der Verengung der Ausflussquerschnitte, ohne dass die Spannung der Luft sich erhöht. Schliesst man die Ausflussquerschnitte, so läuft das Gebläse leer, ohne Luft anzusaugen.

Diese Eigentümlichkeiten des Schleudergebläses kennzeichnen seine Verwendbarkeit. Die Flügel müssen eine sehr grosse Umfangsgeschwindigkeit erhalten, wenn das Gebläse seiner Aufgabe, reichliche Windmengen zu liefern, genügen soll, und man gibt ihnen deshalb mindestens 50 m Geschwindigkeit in der Sekunde. Da aber mit der Umfangsgeschwindigkeit die Gefahr für eine Zertrümmerung durch die Zentrifugalkraft zunimmt, geht man nicht gern über 80 m Umfangsgeschwindigkeit hinaus, obgleich einzelne Gebläse allerdings mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 100 m umlaufen.

Durch diese Umstände ist auch die bei Benutzung eines Schleudergebläses erreichbare Windspannung beschränkt. Sie geht bei grossen Gebläsen selten über 45 cm Wassersäule, bei kleineren nicht über 30 cm hinaus. Je reichlicher die Windmenge und je grösser die Ausflussquerschnitte sind, desto günstiger ist die Arbeitswirkung des Gebläses. Aus diesem Grunde ist es auch unerlässlich, weite Leitungen für den fortströmenden Wind anzuordnen, durch welche die Widerstände bei dessen Fortbewegung auf ein möglichst geringes Mass zurückgeführt werden.

Ein grosser Teil der zum Betriebe eines Schleudergebläses erforderlichen Arbeit wird zur Ueberwindung der Luftreibung im Gehäuse, der Zapfenreibung u. s. w. verwendet; daher ist der Wirkungsgrad (die

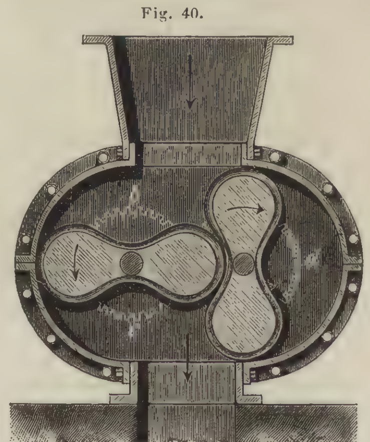
[1]) Näheres über die Einrichtung dieser Gebläse: B. Kerl, Grundriss der allgemeinen Hüttenkunde, 2. Auflage, Leipzig 1879, S. 339; Dürre, Anlage und Betrieb der Eisenhütten, Leipzig 1885, Band III, S. 73; A. von Ihering, Die Gebläse, Berlin 1893, Seite 281.

Arbeitswirkung) ziemlich niedrig und beziffert sich bei den besseren dieser Gebläse kaum günstiger als 0,50 [1]).

Die Schleudergebläse sind billig, beanspruchen wenig Platz und sind leicht zu beaufsichtigen. Diese Vorzüge haben ihnen Jahrzehnte hindurch eine bevorzugte Stellung als Kupolofengebläse gewahrt. Eine schwache Seite ist ausser dem erwähnten geringen Wirkungsgrade die erforderliche rasche Bewegung, welche zu häufigen Ausbesserungen auch bei sorgfältiger Ausführung Veranlassung gibt. Dennoch findet man auch heute das Schleudergebläse noch in ziemlich häufiger Benutzung.

Bei dem Kapselgebläse sind innerhalb eines Gehäuses zwei umlaufende Flügel angeordnet, welche, in entgegengesetzter Richtung sich drehend und dicht an die Gehäusewand sich anlegend, wie umlaufende Kolben die vor ihnen befindliche Luft vor sich her und aus einem entsprechend angeordneten Auslassstutzen herausdrücken. Ihre Wirkung ist demnach wesentlich anders als die der Schleudergebläse; sie beruht nicht, wie bei den letzteren, auf der durch die Flügel vermöge ihrer grossen Geschwindigkeit ausgeübten Schleuderkraft, sondern allein auf der Fortbewegung der eingeschlossenen Luft durch die sich bewegenden Flügel. Ihre Leistung ist also abhängig von ihrem räumlichen Inhalte, der Bewegungsgeschwindigkeit der Flügel und der Dichtigkeit der Anschlüsse zwischen den Flügeln und der Gehäusewand. Der Hauptübelstand der Schleudergebläse, die erforderliche sehr grosse Umfangsgeschwindigkeit, kommt hierdurch in Wegfall; die erreichbare Windspannnung ist höher als bei jenen; der Wirkungsgrad günstiger (bei neueren verbesserten Gebläsen bis 0,80 [2]). Je stärker die Windpressung ist, welche das Kapselgebläse zu liefern hat, desto ungünstiger ist freilich der Wirkungsgrad.

Fig. 40.



Gemäss der abweichenden Form der Flügel unterscheidet man verschiedene Arten dieser Kapselgebläse. Das älteste Kapselgebläse ist das von den Gebrüdern Roots eingeführte und nach ihnen Rootssches Gebläse genannte [3]). Die Abbildung Fig. 40 zeigt ein solches Gebläse im Durchschnitte. Die beiden Flügel erhalten ihre Drehung durch Getriebe, welche ausserhalb des Gehäuses auf den Flügelwellen angebracht sind, und bilden mit der Gehäusewand drei Kammern: die Kammer b, in welche die Luft von aussen hereintritt; die Kammer c, aus welcher sie in das

[1]) Zusammenstellung der Ermittelungen bei verschiedenen dieser Gebläse: Ihering, im genannten Werke, Seite 382.

[2]) A. von Ihering, Die Gebläse, Seite 263; „Stahl und Eisen" 1898, S. 70.

[3]) Die Erfindung des Gebläses wurde in den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts durch G. Johns gemacht (C. F. A. Jahn, Die Gasbeleuchtung, Leipzig 1862); die Gebrüder Roots gaben etwa zehn Jahre später dem Gebläse die erforderlichen Verbesserungen, welche es erst lebensfähig machten.

Auslassrohr gedrückt wird; die Kammer d, in welcher die aufgenommene Luft noch eingeschlossen ist, um bei der Drehung des Flügels nach dem Auslasse hin bewegt zu werden.

Ein anderes Kapselgebläse von H. Krigar in Hannover (Firma Krigar & Ihsen) erfunden und Schraubengebläse genannt hat Flügel, welche wie steile Schraubengewinde ineinander greifen, so dass zwischen den Gängen ein schraubengangförmiger Kanal entsteht, in welchem bei der Drehung der Flügel die an dem einen Ende eintretende Luft ununterbrochen nach dem andern Ende fortgedrückt wird, um durch das hier befindliche Auslassrohr zu entweichen. Man rühmt als Vorzüge des Krigarschen Schraubengebläses einen ruhigen geräuschlosen Gang, hohe erreichbare Windspannung und günstige Arbeitswirkung.

Bei noch anderen Kapselgebläsen wird durch eine eigentümliche Form der Flügel ein dichterer Abschluss als bei den älteren Rootsgebläsen erreicht; so z. B. bei einem von der Firma Carl Enke in Schkeuditz bei Leipzig und bei einem von der Firma C. H. Jäger & Co. gebauten Gebläse [1]).

Sämtliche Kapselgebläse haben ihrer unläugbaren Vorzüge halber beim Kupolofenbetriebe eine vielfache Benutzung gefunden und nicht selten die älteren Schleudergebläse verdrängt [2]).

Die Windleitung zwischen Gebläse und Ofen pflegt aus Eisenblechröhren gefertigt zu werden. Je kleiner ihr Durchmesser, je grösser ihre Länge und je zahlreicher die Krümmungen sind, desto grössere Widerstände findet der Wind, desto ungünstiger fällt die Leistung des Gebläses aus. In ganz besonders erheblichem Masse wird bei Schleudergebläsen die Leistung durch jene Widerstände geschwächt, wie schon oben erwähnt wurde. Die Geschwindigkeit des Windes in der Leitung sollte bei diesen Gebläsen nicht über 8 m in der Sekunde hinausgehen.

Die Windspannung in der Leitung misst man mit Hilfe des in der Nähe des Ofens angebrachten Winddruckmessers oder Manometers. Seine Einrichtung kann sehr einfach sein. Ein U förmig gebogenes Glasrohr, dessen einer Schenkel am Ende rechtwinkelig umgebogen ist, enthält Wasser (Quecksilber ist bei den geringen Windspannungen, welche hier in Betracht kommen, nicht zweckmässig) und ist mit jenem umgebogenen Ende in der Wand der Leitung befestigt, so dass die in der Leitung befindliche Luft auf das eine Ende der Wassersäule drückt. Der Höhenunterschied in beiden Schenkeln gibt das Mass für die Spannung. Gewöhnlich befestigt man den Druckmesser auf einer Skala, welche ein sofortiges Ablesen ermöglicht, und man hat dann nur Sorge zu tragen, dass der Spiegel der Flüssigkeit im Gleichgewichtszustande genau auf Null steht.

Eine solche Vorrichtung ist unentbehrlich für die Ueberwachung des Kupolofens; sie zeigt dem Schmelzer in jedem Augenblicke, ob der

[1]) Abbildungen des Krigarschen Schraubengebläses und des Jägergebläses: „Stahl und Eisen“ 1898, Seite 70; des Enkegebläses: Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Band 23, Seite 263

[2]) Ausführlichere Mitteilungen über die verschiedenen Kapselgebläse enthalten die auf Seite 134 unter Fussanmerkung [1]) genannten Werke, insbesondere A. von Ihering, Die Gebläse, Seite 250.

Ofen die für seine günstigte Leistung erforderliche Windmenge bekommt oder nicht, nachdem man durch Erfahrung festgestellt hat, welche Windspannung am günstigsten ist. Nicht möglich ist es jedoch, mit Hilfe des Druckmessers die Windmenge in Kubikmetern zu berechnen, welche der Ofen in Wirklichkeit erhält, weil die beobachtete Windspannung viel mehr durch die Widerstände im Ofen als durch die Grösse der Ausflussquerschnitte bedingt ist. Das Mass dieser Widerstände aber lässt sich nicht ermitteln.

Jene Berechnung der Windmenge ist nun zwar keine Aufgabe welche täglich vorkommt; mitunter jedoch — z. B. zur Ermittelung des für die Beschaffung des Windes erforderlichen Arbeitsverbrauchs — kann es zweckmässig sein, sich auch hierüber Auskunft zu verschaffen. Am sichersten gelangt man zum Ziele, wenn man die Windberechnung auf die Zusammensetzung der Gichtgase und die Menge des in bestimmter Zeit verbrannten Kohlenstoffs stützt. Der verbrannte Kohlenstoff findet sich in den Gichtgasen teils als Kohlensäure, teils als Kohlenoxyd wieder; der Sauerstoffgehalt dieser beiden Gase entstammt der eingeführten Luft und war in dieser mit $^{77}/_{23}$ seines eigenen Gewichts Stickstoff gemischt. Enthalten die Gase, wie es bei einzelnen Oefen vorkommt, freien Sauerstoff, so würde selbstverständlich auch dieser in Rechnung zu stellen sein, und für sehr genaue Ermittelungen würde auch der für die Oxydation des Eisens verbrauchte Sauerstoff Berücksichtigung finden müssen, obgleich dessen Menge verhältnismässig unbedeutend ist.

Als durchschnittliche Zusammensetzung der Kupolofen-Gichtgase kann man annehmen:

Kohlensäure	21,0	Gewichtsteile
Kohlenoxyd	5,3	„
Stickstoff	73,7	„
	100,0	

Da nun 1 Gewichtsteil Kohlensäure $^3/_{11}$ Gewichtsteile Kohlenstoff nebst $^8/_{11}$ Gewichtsteilen Sauerstoff, 1 Gewichtsteil Kohlenoxyd, $^3/_7$ Gewichtsteile Kohlenstoff nebst $^4/_7$ Gewichtsteilen Sauerstoff enthält, so lässt sich berechnen, dass in jenen Gasen 8 Gewichtsteile Kohlenstoff und 18,3 Gewichtsteile Sauerstoff enthalten sind, und dass mithin auf 1 kg Kohlenstoff dem Ofen 2,29 kg Sauerstoff oder 10 kg = $7^3/_4$ cbm atmosphärische Luft zugeführt wurden[1].

Ein etwas abweichendes Ergebnis wird erhalten, wenn man die Luftmenge aus dem Stickstoffgehalte statt aus dem Sauerstoffgehalte ermittelt. Auf 8 kg in den Gasen enthaltenen Kohlenstoffs finden sich daselbst 73,7 kg Stickstoff; diese entsprechen 94,4 kg oder 73,9 cbm atmosphärischer Luft; mithin für 1 kg verbrannter Kohle 9,1 cbm Luft. Die Abweichung erklärt sich zum Teil aus dem schon erwähnten Umstande, dass ein Teil des eingeblasenen Sauerstoffs zur Oxydation von Silicium, Mangan, Eisen verbraucht wurde und sich aus diesem Grunde in den Gasen nicht wiederfinden konnte.

[1] 1 cbm atmosphärische Luft, bestehend aus 77 Gewichtsteilen Stickstoff und 23 Gewichtsteilen Sauerstoff, wiegt 1,293 kg.

Man wird, wenn man den letzteren Umstand sowie die zufälligen Windverluste im Ofen selbst (durch Undichtigkeiten der Schachtmauerung, der Schaulöcher u. s. w.) in Berücksichtigung zieht, der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen, wenn man als Regel für die Windberechnung annimmt, dass zur Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff im Kupolofen 8,5 cbm Luft zugeführt werden müssen[1].

Aus der Menge der Luft, der erforderlichen Spannung und der Arbeitswirkung des gewöhnlichen Gebläses lässt sich dann auch der erforderliche Arbeitsaufwand für den Betrieb des letzteren finden. Bezeichnet man mit Q die in der Sekunde zu liefernde Windmenge in Kubikmetern, mit h die Höhe einer Wassersäule in Centimetern, welche die Spannung des Windes angibt, so ist die vom Gebläse verrichtete Arbeit:

$$N = \frac{2}{15} \, h \, Q \text{ Pferdestärken (1 Pferdestärke = 75 kgm)}$$

und die von der Betriebsmaschine zu verrichtende Arbeit, wenn man den Wirkungsgrad (die Arbeitswirkung) des Gebläses mit α bezeichnet:

$$N_1 = \frac{1}{\alpha} N.$$

Beispiel. Ein Kupolofen schmelzt bei einer Windspannung von 30 cm Wassersäule in der Stunde 3000 kg Roheisen und gebraucht dazu für 100 kg Roheisen durchschnittlich 9 kg Koks (einschl. Füllkoks) mit 11 v. H. Asche. Es ist demnach der Verbrauch an reinem Kohlenstoff in der Sekunde:

$$\frac{3000}{3600} \, 0{,}09 \times 0{,}89 = 0{,}066 \text{ kg;}$$

daher Windverbrauch:

$$8{,}5 \times 0{,}066 = 0{,}56 \text{ cbm.}$$

Arbeit des Gebläses zur Verdichtung der Luft:

$$\frac{2}{15} \times 30 \times 0{,}56 = 2{,}24 \text{ Pferdestärke.}$$

Wählt man ein Kapselgebläse mit einer Arbeitswirkung von 0,60, so erhält man die von der Betriebsmaschine zu leistende Arbeit (ausschl. der durch Einschaltung von Zwischengelegen etwa erforderlich werdenden Mehrarbeit):

$$\frac{2{,}24}{0{,}60} = \text{rund 4 Pferdestärken.}$$

4. Die Gichtbühne und die Gichtaufzüge.

Da die Gicht der Kupolöfen mehrere Meter über der Sohle des Arbeitsraums sich befindet, muss neben der Gichtöffnung, und zwar entweder in gleicher Höhe oder ein wenig tiefer, eine erhöhte Bühne geschaffen werden, von welcher aus die Bedienung der Gicht geschehen kann. Sie muss geräumig genug sein, um die Aufbewahrung wenigstens eines Teils der für ein einmaliges Schmelzen erforderlichen

---

[1] Lürmann fand bei Kupolöfen von Greiner & Erpf einen Windverbrauch von 8,23 cbm für 1 kg Kohlenstoff („Stahl und Eisen", 1891, S. 309).

Schmelzstoffe (Roheisen, Koks, Kalkstein) zu ermöglichen, und sie muss kräftig genug gebaut sein, um diese bedeutende Belastung ohne Gefahr aufnehmen zu können. Gewalzte Träger, deren Enden in geeigneter Weise (durch die Umfassungsmauer, durch Säulen oder dergl.) getragen sind, untereinander verbunden und mit Tafeln aus geripptem oder gerieftem Eisenblech belegt, sind geeignet hierfür.

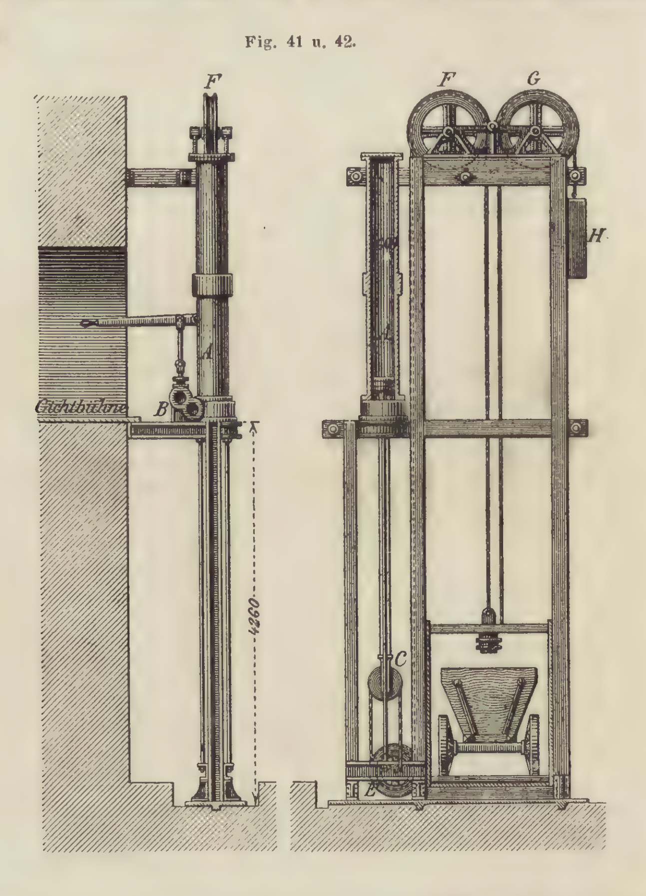
Zum Hinaufschaffen der Schmelzmaterialien auf diese Gichtbühne ist nun in den allermeisten Fällen eine mechanische Hebevorrichtung, der Gichtaufzug, erforderlich. Er besteht aus einer vom Lagerplatze für die Schmelzstoffe bis zur Höhe der Gichtbühne senkrecht beweglichen Plattform (Förderschale), gross genug, um das Beladen mit Roheisenstücken, Körben oder ähnlichen Gefässen für Koks u. s. w. zu gestatten, oder bei grösserem Betriebe aus zwei solchen Förderschalen, von denen die eine steigt, während die andere sinkt (doppeltwirkende Aufzüge). Letztere Einrichtung gewährt neben der grösseren Leistungsfähigkeit zugleich den Vorteil, dass das Gewicht der leeren Förderschalen sich gegenseitig ausgleicht.

Aufzüge für Handbetrieb — Haspel — sind nur für einen sehr kleinen Betrieb anwendbar. Man rechnet als stündliche Leistung eines Arbeiters hierbei etwa 23000 kgm; wäre also die Hubhöhe 3 m und der tägliche Verbrauch an Schmelzstoffen 10000 kg, so wäre die erforderliche Zeitdauer für das Aufwinden (ausschl. des Herbeischaffens, Auf- und Abladens und des Niederlassens der Förderschale) $\frac{3 \times 10000}{23000}$ d. i. etwa $1^1/_3$ Stunde.

Befindet sich ein Dampfkessel in der Nähe des Gichtaufzuges, so dass man letzteren in unmittelbare Verbindung mit einer Dampfmaschine setzen kann, so ist eine Einrichtung zweckmässig, bei welcher die Förderschalen an Drahtseilen hängen, die über Rollen gehen und von der Dampfmaschine aus ihre Bewegung erhalten. Durch Einschaltung eines Flaschenzuges lässt sich die erforderliche Hubhöhe des Dampfkolbens auf die Hälfte oder ein Viertel der Hubhöhe der Förderschale verringern. Ein einfach wirkender Aufzug dieser Art, für einen kleinen Kupolofen bestimmt, ist Fig. 41 und 42 abgebildet. A ist der einfach wirkende Dampfcylinder mit dem Schieberkasten B. Die Steuerung ist sehr einfach, da es sich hier nur darum handelt, abwechselnd Dampf aus der Leitung unter den Kolben und aus dem Cylinder in die freie Luft treten zu lassen, und besteht aus einem durch einen Hebel bewegten Schieber. Die nach unten gerichtete Kolbenstange des Dampfcylinders trägt an ihrem Ende die Flaschenzugrolle C, welche mit zwei seitlich angebrachten Klauen an senkrechten Führungsstangen gleitet. Um die Rolle C ist das Seil geschlungen, dessen eines Ende unten befestigt ist, während das andere die Förderschale trägt, nachdem das Seil über die untere feste Rolle E sowie die obere feste Rolle F geführt wurde. Sobald Dampf unter den Kolben tritt und diesen hebt, wird auch die Förderschale gehoben, jedoch infolge der Einschaltung der beweglichen Rolle C mit doppelter Geschwindigkeit und mithin auch den doppelten Weg zurücklegend als der Dampfkolben. Um an mechanischer Arbeit beim Anheben der belasteten Schale zu sparen, ist das

Gewicht der leeren Schale zum Teile durch ein Gegengewicht H ausgeglichen, welches an einem über die Rolle G geführten Seile hängt.

Fig. 41 u. 42.



Niedergang findet in diesem Falle durch das Eigengewicht der Förderschale statt, sobald dem Dampfe unter dem Kolben Auslass gegeben wird; ersetzt man das Gewicht H durch eine zweite Förderschale und den einfachwirkenden Dampfcylinder durch einen doppeltwirkenden, so erhält man einen doppeltwirkenden Gichtaufzug. Der Dampfcylinder kann auch zu ebener Erde statt auf der Gichtbühne aufgestellt werden [1]).

Statt den Gichtaufzug mit einer besonderen Dampfmaschine zu versehen, kann es in manchen Fällen, zumal wenn die Dampfkessel weit entfernt liegen, zweckmässig sein, ihn von einer für den Antrieb auch noch anderer Maschinen bestimmten Welle aus anzutreiben. Aufzüge dieser Gattung können einfach- oder doppeltwirkend sein. Die

---

[1]) Gichtaufzüge der letzteren Art sind besonders häufig durch die Firma Ehrhardt & Sehmer in Schleifmühle bei Saarbrücken gebaut worden. Abbildung eines solchen grösseren Aufzuges: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 496.

Förderschalen hängen an Drahtseilen, welche über eine Seiltrommel gelegt sind. Durch Vermittelung einer Schnecke mit Schneckenrad erhält diese ihre Drehung; eine Umsteuerungsvorrichtung (z. B. Riemenscheiben mit offenen und gekreuzten Riemen) ermöglicht die Drehung der Seiltrommel nach beiden Richtungen, je nachdem Auf- oder Niedergang stattfinden soll.

Auch elektrische Kraftübertragung ist in der Neuzeit für Aufzüge dieser Art öfters in Anwendung gekommen.

Wo Druckwasser zur Verfügung steht und die Gefahr des Einfrierens ausgeschlossen ist, kann man sich auch eines Wasserdruckaufzugs (hydraulischen Gichtaufzugs) bedienen. Er ist einfachwirkend. In einem senkrechten, unterhalb der Hüttensohle angeordneten Cylinder ist ein Kolben beweglich. Die Aufwärtsbewegung erfolgt durch zugeleitetes Druckwasser, welches von einem Drucksammler aus unter den Kolben geführt wird; die Abwärtsbewegung durch das eigene Gewicht des Kolbens samt Förderschale, sobald dem Druckwasser Auslass gegeben wird. Mit dem Kolben ist die nach oben gerichtete Kolbenstange verbunden, welche auf ihrem oberen Ende die zwischen senkrechten Gleitsäulen geführte Förderschale trägt. Da die Druckpumpe, welche das Druckwasser dem Drucksammler zuführt, ununterbrochen arbeiten kann, während der Aufzug nur zeitweise benutzt wird, ist eine verhältnismässig geringe Kraftleistung der ersteren ausreichend für den Betrieb des Aufzuges; der Gang des letzteren ist sehr sanft, und Unglücksfälle, welche bei Aufzügen am Seil oder an der Kette durch Zerreissen des Seils oder der Kette entstehen können, sind bei dem Wasserdruckaufzuge unmöglich. Dagegen ist die Anlage ziemlich kostspielig und besonders bei wasserhaltigem Boden nicht ohne Schwierigkeit zu bewirken, da der vertieft im Boden stehende Cylinder, welcher zugänglich bleiben muss, die Höhe des ganzen Hubes enthalten muss.

Neuerdings hat man in Fällen, wo die Abladeplätze für die Schmelzstoffe ziemlich weit entfernt von den Kupolöfen sich befinden, auch Drahtseilbahnen für die Beförderung in Anwendung gebracht, deren Gefässe auf den Abladeplätzen gefüllt werden und sobald sie auf der Gicht angekommen sind, selbstthätig entleert werden, um dann zu der Einladestelle zurückzukehren[1]).

5. Das Arbeitsverfahren und die Betriebsergebnisse.

Einige Stunden, bevor der Kupolofen in Betrieb gesetzt werden soll, beginnt man mit dem Anwärmen. Während die Thüren nur lose verschlossen oder ganz geöffnet sind — in einzelnen Eisengiessereien

[1]) Abbildung eines solchen Aufzugs für eine Hochofenanlage. „Stahl und Eisen“, 1900, Seite 135.

Für ein eingehenderes Studium der Gichtaufzüge ist folgende Litteratur empfehlenswert:

J. Weisbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik. 3. Teil, bearbeitet von G. Hermann, 2. Abteilung, 2. Auflage, Braunschweig 1880, Seite 69 bis 150.

Dürre, Anlage und Betrieb der Eisenhütten, Leipzig 1883, Band 2, Seite 235.

A. Ernst, Die Hebezeuge, 2. Auflage, Berlin 1895.

setzt man sie mit groben Koksstücken zu, zwischen denen hindurch die Luft Zutritt in das Innere hat — unterhält man auf der Herdsohle ein Feuer aus Holz, Torf oder anderem leicht entzündlichem und zugleich billigem Brennstoffe. Allmählich schüttet man nun Koks in die Glut, damit auch diese sich entzünden, schliesst dann die Thüren, nachdem man sie durch in die Thüröffnungen eingesetzte feuerfeste Steine vor der Berührung mit den glühenden Massen geschützt hat, und lässt jetzt nur noch durch die Stichöffnung, welche einstweilen noch offen bleibt, Luft zutreten. Alsdann kann man den Ofen füllen. Zunächst schüttet man soviel Koks ein, dass der Schacht ungefähr bis zu einem Drittel der Höhe, bei kleineren Oefen bis zur Hälfte gefüllt ist, lässt die Glut soweit durchdringen, bis vor den Formen glühende Koks sichtbar werden und setzt nunmehr abwechselnd Koks- und Eisengichten, bis der Ofen bis zum Gichtrande gefüllt ist. Das Verhältnis zwischen der Grösse (dem Gewichte) der Koks- und Eisengichten richtet sich nach der Beschaffenheit der Koks und der Schnelligkeit des Schmelzens. In besoders günstigen Fällen, d. h. bei Benutzung aschenarmer, dichter Koks und raschem Schmelzen (also ausreichend hoher Leistungsfähigkeit des benutzten Gebläses) ist man im stande, mit je 4 kg Koks 100 kg Roheisen zu schmelzen; in häufigeren Fällen sind 6 bis 7 kg Koks erforderlich, so dass auf je 1 kg Koks 14 bis 20 kg Roheisen gesetzt werden. Die zweckmässigste Grösse jeder einzelnen Gicht aber ist von dem Durchmesser des Ofens abhängig. Je grösser die Gichten im Verhältnisse zum Durchmesser sind, desto tiefer muss die vorausgehende Gicht im Schachte niedersinken, ehe die nachfolgende aufgeschüttet werden kann, desto stärker ist die Abkühlung des Ofens durch die frisch aufgegebene Gicht. Man kann als zweckmässiges Verhältnis auf je 1 qm Fläche der Gichtöffnung 80 kg Koks für eine Gicht rechnen und die Grösse der Roheisengicht dem oben gegebenen Verhältnisse entsprechend bemessen.

Beispiel. Ein Ofen mit 0,6 m Gichtdurchmesser hat einen Gichtquerschnitt von 0,28 qm; also Grösse der Koksgichten $0{,}28 \times 80 = 22{,}4$ kg, abgerundet 25 kg, Grösse der Roheisengichten je nach der Beschaffenheit der Koks und der Windführung 25×14 bis 25×20, d. i. 350 bis 500 kg.

Um aus der Koksasche und den am Roheisen haftenden Sandkörnchen eine leichtflüssige Schlacke zu bilden, ganz besonders aber auch, um den Schwefelgehalt der Koks zu binden und ihn zu verhindern, dass er ins Roheisen übergehe, ist ein Zuschlag von Kalkstein zu jeder Koksgicht erforderlich. Die Bedeutung dieses Kalksteinzuschlages und seine Wichtigkeit als entschwefelndes Mittel[1]) wird gar häufig nicht genügend gewürdigt. So z. B. versäumt man in zahlreichen Eisengiessereien, auch den Füllkoks einen Kalksteinzuschlag zu geben. Das zuerst aufgegebene Roheisen aber schmilzt, lange bevor die Füllkoks verbrannt sind. Es tropft zwischen diesen hindurch und nimmt Schwefel auf; im Herde angekommen bleibt es, da die schützende Schlackendecke

[1]) Eine kalkreiche Schlacke vermag nicht allein den Uebergang des Schwefels an das Roheisen zu hindern, sondern auch diesem den schon aufgenommenen Schwefel zu entziehen. Versuche hierüber: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 322.

noch fehlt, der Einwirkung des oxydierenden Gasstroms preisgegeben, verliert Silicium und wird infolge beider vorgegangener Aenderungen — der Schwefelaufnahme und Siliciumabgabe — weiss. Dieser Fall, dass das zuerst ankommende Eisen weiss und für den Guss unbrauchbar ist, lässt sich häufig beobachten; man hatte in diesen Fällen versäumt, den Füllkolks eine reichliche Menge Kalk zuzuschlagen [1]).

Hatte das Roheisen Schwefel aufgenommen, ohne sehr viel Silicium zu verlieren, so zeigt sich mitunter eine eigentümliche Erscheinung: die Gussstücke des ersten Abstiches sind äusserlich grau mit weissem Kern. Das Gusseisen hat gesaigert, und im Innern ist eine schwefelreichere Legierung abgeschieden.

Die Menge des Zuschlagkalksteins muss von dem Aschengehalte der Koks und dessen Zusammensetzung abhängig und so bemessen sein, dass die erfolgende Schlacke etwa 25 v. H. Kalkerde enthält. Selbstverständlich spricht auch die Zusammensetzung des Kalksteins selbst hierbei mit; je mehr fremde Körper er enthält und je ärmer er demnach an Kalkerde ist, desto grösser muss der Verbrauch sein. Rechnet man auf je 1 Gewichtsteil Asche $1^1/_2$ bis 2 Gewichtsteile Kalkstein, so wird man in den allermeisten Fällen sicher sein, eine ausreichend kalkreiche Schlacke zu erhalten. Die meisten Schmelzkoks enthalten 8 bis 10 v. H. Asche; demnach würde der Kalksteinzuschlag auf 100 Gewichtsteile Koks 15 bis 20 Gewichtsteile zu betragen haben. Auch ein noch reichlicherer Kalksteinzuschlag (bis 40 v. H. vom Koksgewichte) ist erfahrungsmässig ohne Nachteil für den Verlauf des Schmelzens, bei Benutzung schwefelreicher Koks sogar zweckmässig, aber er erhöht etwas den erforderlichen Brennstoffverbrauch. Auch das Ofenfutter wird durch die kalkreichere Schlacke stärker angegriffen. Der Unterschied ist indess unbedeutend im Vergleiche zu den Nachteilen, die bei zu geringem Kalksteinzuschlag sich ergeben.

Das Abwägen der Gichtsätze erfolgt mit Hilfe einer auf der Gichtbühne befindlichen Wage; häufig wägt man nur das Roheisen und gibt die Koks nach Gemäss mit Hilfe von Körben oder hölzernen Kasten auf, welche das für eine Gicht bestimmte Gewicht an Koks fassen. Auch der Zuschlagskalkstein wird am einfachsten mit Hilfe eines kleinen Kastens gemessen.

Die Grösse der einzelnen Gichten, insbesondere der Roheisengichten, bleibt während des ganzen Schmelzens unverändert. Sollte während des Schmelzens durch besondere Zufälligkeiten — z. B. durch längeren Stillstand oder eine sonstige Ursache — eine Abkühlung des Ofens eingetreten sein und sich durch dickflüssige Beschaffenheit und rötliche Farbe des geschmolzenen Eisens bemerkbar machen, so gibt man einmal eine anderthalbfache oder doppelte Koksgicht und hilft dadurch rasch dem Uebelstande wieder ab. Brennstoffvergeudung würde es sein, wenn man, wie es früher vielfach üblich war, die ersten Eisengichten schwächer nehmen und erst allmählich mit dem Satze steigen wollte; gerade beim Beginn des Schmelzens ist der Ofen infolge des Verbrennens der Füllkoks am heissesten und gibt das flüssigste Eisen. Bisweilen gibt man

[1]) Versuche hierüber: „Stahl und Eisen“, 1885, S. 129.

in Rücksicht hierauf zu Anfang sogar den doppelten Roheisensatz, und zwar ohne Nachteil für die Beschaffenheit des geschmolzenen Eisens.

Wenn der Ofen in der beschriebenen Weise gefüllt ist, wird das Gebläse angelassen. Mit welcher Pressung man zu blasen hat, hängt vornehmlich von den Abmessungen des Kupolofens ab. Mit seiner Höhe wächst, wie schon oben erwähnt wurde, der Widerstand, welchen die Gase bei ihrem Aufsteigen finden, und demnach die erforderliche Windspannung zur Ueberwindung dieses Widerstandes; mit dem Durchmesser wächst die Schwierigkeit für den Wind, bis zur Ofenmitte vorzudringen, und demnach ebenfalls die erforderliche Windspannung. Während daher bei kleineren Oefen eine Windspannung von 30 cm Wassersäule zur Erlangung der günstigsten Betriebsergebnisse ausreicht, kann bei sehr grossen Oefen eine Windspannung von mehr als 60 cm Wassersäule dafür erforderlich sein.

Das Stichloch bleibt solange geöffnet, bis das erste flüssige Eisen erscheint und aus dem Stichloche auszufliessen beginnt. Auf diese Weise veranlasst man einen Teil des durch die Formen eintretenden Windes, seinen Weg abwärts durch die im Herde aufgehäuften Koks hindurch zu nehmen, diese zu verbrennen und den Herd, besonders auch die Herdsohle, gehörig vorzuwärmen, um schliesslich in Form einer langen Stichflamme aus dem Stichloche zu entweichen und dabei auch die Gussrinne zu erhitzen. Ohne diese Vorsichtsmassregel würde das zuerst schmelzende Eisen in dem ungenügend erhitzten Herde abgekühlt werden, wohl gar erstarren, und auch das später schmelzende würde an Dünnflüssigkeit einbüssen.

Deshalb ist es auch von Wichtigkeit, dass das Stichloch nicht zu eng sei, wie schon bei anderer Gelegenheit hervorgehoben wurde. Mitunter hat man es sogar zweckmässig befunden, ausser dem Stichloche noch zwei oder drei andere Oeffnungen für den Austritt der Gase am Herdumfange in gleichmässiger Verteilung anzubringen. Eine starke Vorwärmung des Herdes wird durch eine solche Einrichtung unzweifelhaft erleichtert.

Bei Saugkupolöfen ist diese Erhitzung des Herdes durch austretende Gase natürlich unmöglich. Jene Anbringung von Luftöffnungen am Herdumfange zu dem Zwecke, die Verbrennung zunächst möglichst tief stattfinden zu lassen, ist hier ganz besonders notwendig.

Hat man einen Ofen mit Vorherd, so wird auch dieser vor Beginn des Blasens durch ein Holzfeuer oder dergleichen nach Möglichkeit angewärmt und dann im Anfange des Schmelzens durch die aus dem Ofenschachte heraus durch den Vorherd hindurchgeführte Stichflamme erhitzt.

Erscheint das flüssige Eisen im Stichloche, und lässt dessen weisse Farbe genügende Ueberhitzung erkennen, so schliesst man das Stichloch mit Hilfe eines Thonpfropfens, der am vorderen Ende einer hölzernen Stange befestigt ist und mit einem mässigen Stosse hineingetrieben wird, und das Schmelzen nimmt nun einen regelmässigen Fortgang. Zeigt sich dagegen das erste Eisen rötlich, dickflüssig, ein Beweis, dass die Vorwärmung des Herdes ungenügend ausgefallen war, so empfiehlt es sich, zunächst einen Teil des Eisens ablaufen zu lassen, bis das Aussehen sich bessert, und erst dann das Stichloch zu schliessen.

Hat sich eine genügende Menge flüssigen Eisens im Herde des Ofens angesammelt, so wird von Zeit zu Zeit, je nachdem der Bedarf es verlangt, das Stichloch mit Hilfe eines am vorderen Ende verstahlten Spiesses geöffnet und Eisen abgelassen. Während des Schmelzens müssen die Windformen fleissig nachgesehen und, wenn nötig, von angesetzter erstarrter Schlacke gereinigt werden, indem man die Schaulöcher öffnet und mit einer vorn meisselartig zugeschärften Eisenstange hineinfährt.

Ist die dem Tagesbedarfe entsprechende Menge Roheisen aufgegichtet, so hört man mit Aufgeben auf und bläst noch so lange, bis vor den Formen kein flüssiges Eisen mehr erscheint. Dann wird das Gebläse abgestellt, das letzte im Herde befindliche Eisen nebst der flüssigen Schlacke abgelassen, die Thüren des Ofens werden geöffnet, die noch im Schachte befindlichen glühenden Koks mit Hilfe einer langen eisernen Kratze herausgezogen, sofern man sie nicht durch eine Bodenklappe entfernen kann, durch Begiessen mit Wasser abgelöscht, um am folgenden Tage zum Füllen des Ofens mit verwendet zu werden, und man überlässt dann den Ofen bei geöffneten Thüren der Abkühlung, damit am folgenden Vormittage etwa erforderliche Ausbesserungen des Schachts vorgenommen werden können.

Für den Betrieb des Ofens sind in der Regel drei bis vier Arbeiter erforderlich; nämlich ein Schmelzer und zwei bis drei Aufgeber. Der Schmelzer besorgt das Anwärmen, Abstechen, Reinhalten der Formen, überhaupt sämtliche zu ebener Erde erforderliche Arbeiten, und man pflegt ihm die Beaufsichtigung auch der übrigen beim Kupolofen beschäftigten Arbeiter zu übertragen. Zweckmässig ist es, wenn er mit Maurerarbeiten soweit vertraut ist, um auch die alltäglichen Reparaturen des Schachts und Bodens des Ofens ausführen zu können. Während des Stillstandes des Ofens besorgen die Aufgeber das Herbeiholen der Schmelzstoffe, wobei ihnen gewöhnlich noch einige Hilfsarbeiter beigegeben werden müssen.

Die Anzahl der Gichten wird während des Schmelzens auf der Gichtentafel angemerkt und ergibt den Verbrauch an Schmelzstoffen; für die Buchführung ist es jedoch zweckmässiger, dem Kupolofen, entsprechend dem Verbrauche, grössere Mengen an Roheisen und Koks unmittelbar aus den Vorräten zu überweisen und diese in Rechnung zu stellen. Ein Vergleich mit dem aus der Gichtentafel sich ergebenden Verbrauche bleibt dabei natürlich nicht ausgeschlossen. Viele Giessereien stellen die beim Giessen entstehenden, zum Verschmelzen kommenden Gusseisenstücke (Trichter, Ausschussstücke u. a.) überhaupt nicht in Rechnung, sondern überweisen sie ohne weiteres dem Kupolofen, so dass schon aus diesem Grunde die Benutzung der Gichtentafel für die Abrechnung des Verbrauches von Eisen aus den Vorräten nicht zulässig sein würde.

Der Brennstoffverbrauch zum Schmelzen der gleichen Menge Roheisen hängt zum Teile von der Einrichtung des Ofens ab, daneben auch von der Beschaffenheit der Brennstoffe, von der Windmenge, von der Menge des in einem Schmelzen verarbeiteten Roheisens, von der äusseren Beschaffenheit dieses Roheisens. Hat man viel kleinstückiges Alteisen zu schmelzen, so gebraucht man weniger Brennstoff, als wenn der Einsatz nur aus dicken Masselstücken besteht. Auch die Art und

Weise, wie die Berechnung des Brennstoffverbrauchs stattfindet, spricht hierbei mit. Meistens stellt man den gesamten Brennstoffverbrauch einschliesslich der Füllkoks in Rechnung; in diesen Fällen muss der zum Schmelzen von 100 kg Roheisen verbrauchte Brennstoff um so niedriger sich beziffern, je mehr Roheisen in unmittelbarer Aufeinanderfolge geschmolzen wurde. Legt man dagegen nur den Verbrauch an sogenannten Setzkoks (den während des Schmelzens selbst verbrauchten Koks mit Ausschluss der Füllkoks) der Berechnung zu Grunde, so fällt der Brennstoffverbrauch um so niedriger aus, je stärker man den Ofen gefüllt hatte, d. h. je heisser dieser bereits beim Beginne des eigentlichen Schmelzens geworden war. In einem Ofen, bei dessen Füllung man nicht gespart hatte, lässt sich in der That zunächst eine ziemlich grosse Menge Roheisen mit einem überraschend geringen Verbrauche von Setzkoks schmelzen, bis man allmählich wahrnimmt, dass das geschmolzene Metall anfängt, dickflüssiger zu werden. Die von den Füllkoks entwickelte, zum Teil in den Ofenwänden aufgespeicherte Wärme ist verbraucht, der Ofen kühlt sich mehr und mehr ab.

Die oft zu Reklamezwecken verbreiteten Angaben über den niedrigen Brennstoffverbrauch dieses oder jenes Kupolofens müssen deshalb mit Vorsicht aufgenommen werden.

In den meisten Fällen schwankt der Koksverbrauch einschliesslich der Füllkoks zum Schmelzen von 100 kg Roheisen zwischen 6 bis 10 kg[1]).

Der **Abbrand**, d. h. der stattfindende Verlust an Roheisen durch Oxydation, Verspritzen u. s. w. beträgt meistens 3 bis 6 v. H. des ursprünglichen Roheisengewichts. Es wurde schon erwähnt, dass die Oxydationswirkung des Ofens um so stärker, also auch der Abbrand um so beträchtlicher zu sein pflege, mit je weniger Brennstoff das Schmelzen durchgeführt wird; die chemische Zusammensetzung des Roheisens, die Art der Betriebsführung, die Menge des den Roheisenstücken anhaftenden Sandes, welcher mit gewogen wird und einen Teil des Abbrandes ausmacht, die grössere oder geringere Sorgfalt, mit welcher die Arbeiter die beim Abstechen und Giessen verspritzenden, in den Schlacken und Koks zurückbleibenden oder auf andere Weise zerstreuten Eisenteilchen

---

[1]) Es lässt sich berechnen, dass eine fernere, nur einigermassen wesentliche Verringerung dieses Brennstoffverbrauchs gar nicht möglich ist. 1 kg geschmolzenes und entsprechend überhitztes graues Roheisen enthält nach Versuchen von **Gruner** (**Gruner-Steffen**, Analytische Studien über den Hochofen, Seite 129) 280 Wärmeeinheiten: 0,06 kg Koks, mit welchen nach Obigem unter Umständen das Schmelzen bewirkt werden kann, entwickeln bei ihrer Verbrennung zu Kohlensäure ungefähr 420 Wärmeeinheiten. Von der gesamten Wärmeleistung, deren der Brennstoff unter günstigsten Verhältnissen fähig ist, werden demnach zwei Drittel oder 66 v. H. thatsächlich für den eigentlichen Zweck des Ofens, d. i. für das Roheisenschmelzen, nutzbar gemacht. Erwägt man, dass ein Teil der überhaupt entwickelten Wärme zum Schmelzen der Schlacke erforderlich ist, dass ein anderer Teil unvermeidlicherweise durch die Wände des Ofens und mit den abziehenden Gasen verloren geht, so kommt man zu dem Schlusse, dass der Kupolofen in seiner jetzigen Form zu den vollkommensten aller Feuerungsanlagen gehört. Selbst bei einem Koksverbrauche von 10 kg auf 100 kg Roheisen ist die Wärmeausnutzung noch als sehr günstig im Vergleiche zu der in den meisten anderen Oefen erreichbaren zu bezeichnen.

zusammensuchen, sind fernere Umstände, durch welche die Höhe des Abbrandes beeinflusst wird.

6. Der chemische Verlauf des Kupolofenschmelzens.

Zusammensetzung des Eisens.

Während das Roheisen im Kupolofen sich abwärts bewegt, wird es durch die aufsteigenden Gase immer stärker erhitzt, beginnt schliesslich zu schmelzen und sickert in Tropfenform zwischen den glühenden Brennstoffstücken hindurch, um schliesslich im Herde des Ofens sich zu sammeln. Hierbei, insbesondere bei dem tropfenförmigen Niederfallen, ist es der chemischen Einwirkung des Gasstroms preisgegeben, welcher innerhalb des Verbrennungs- und Schmelzraums jedenfalls noch freien Sauerstoff, daneben (ausser dem unverändert bleibenden Stickstoff) vorwiegend Kohlensäure enthält. Je dichter, schwerer verbrennlich der Brennstoff und je geringer der Brennstoffverbrauch ist, in desto reichlicherem Masse sind jene Körper zugegen, desto stärker ist die stattfindende Oxydation. In Oefen, welche mit Holzkohlen gespeist werden, ist deshalb die Oxydation bedeutend geringer als in Kokskupolöfen.

Da das schmelzende und geschmolzene Metall der Einwirkung des Gasstroms weit kürzere Zeit als im Flammofen ausgesetzt bleibt, ist auch das Mass der stattfindenden Oxydation geringer als dort; die sonstigen äusseren Einflüsse aber, unter welchen die Oxydation stattfindet, sind in beiden Fällen einander ähnlich, und daher ist auch die Reihenfolge, in welcher die Körper austreten, im Kupolofen ziemlich die gleiche wie im Flammofen.

Mangan ist der unter jenen Einflüssen am leichtesten oxydierbare Körper, und je manganreicher das schmelzende Eisen ist, desto mehr werden durch den Mangangehalt die übrigen Bestandteile vor Verbrennung geschützt. Beim Schmelzen manganreichen Roheisens (Spiegeleisens) kann es sogar vorkommen, dass der Siliciumgehalt des geschmolzenen Metalls etwas zugenommen hat. Silicium wurde in diesem Falle durch Mangan aus der Schlacke reduziert: $SiO_2 + 2\,Mn = Si + 2\,MnO$.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen dagegen, d. h. beim Schmelzen eines Einsatzes mit höchstens 2 v. H. Mangan, verbrennt neben dem Mangan auch schon Silicium, und die Folge davon ist, dass graues Roheisen nach jedem erneuten Umschmelzen graphitärmer, härter, schliesslich weiss wird. Nach wievielmaligem Umschmelzen dieser Erfolg eintritt, hängt unter übrigens gleichen Verhältnissen (bei gleicher Oxydationswirkung des Schmelzofens) von dem ursprünglichen Siliciumgehalte wie auch von dem Mangangehalte ab; denn indem letzterer durch seine eigene Verbrennung das Silicium vor Verbrennung schützt, bewirkt er, dass das Roheisen länger grau bleibt, als ohne den Mangangehalt.

Eine teilweise Verbrennung von Eisen, welches neben den übrigen Körpern in reichem Ueberschusse zugegen ist und aus diesem Grunde am leichtesten von der Oxydationswirkung erreicht wird, ist gleichfalls

unvermeidlich, obwohl das Eisen an und für sich schwerer verbrennlich ist als Mangan, Silicium und Kohlenstoff.

Kohlenstoff bleibt durch die unmittelbare Berührung des Eisens mit den glühenden Kohlen, aus denen es stets wieder Kohlenstoff aufzunehmen Gelegenheit findet, stärker als im Flammofen vor Verbrennung geschützt. Es wurde schon früher erwähnt, dass Stahl und Schmiedeeisen sich überhaupt nicht, ohne sich in Roheisen umzuwandeln, im Kupolofen schmelzen lassen; sehr kohlenstoffreiches Roheisen dagegen kann einen Teil seines Kohlenstoffgehalts verlieren.

Phosphor und Schwefel werden nicht ausgeschieden; eine Anreicherung des Schwefelgehalts ist dagegen beim Schmelzen mit Koks häufig bemerkbar, und sie kann ein bedenkliches Mass erreichen, wenn man ihr nicht, wie oben ausführlicher besprochen wurde, durch Zuschlag entsprechend reichlicher Mengen von Kalkstein entgegenwirkt. Auch der Phosphorgehalt, in Hundertteilen des Roheisengewichts ausgedrückt, nimmt bei jedem Umschmelzen langsam zu, da das Gewicht des Roheisens, in welchem er verteilt ist, geringer wird.

Eine ziemlich grosse Zahl von Untersuchungen ist in den letzten Jahrzehnten über diese Veränderungen angestellt worden, welche die Zusammensetzung des Roheisens beim Kupolofenschmelzen erleidet.

Den Einfluss eines hohen Mangangehalts zeigen besonders deutlich nachstehende zwei Beispiele[1]:

	Kohle	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel
Graues manganhaltiges Roheisen.					
Zusammensetzung vor dem Umschmelzen	4,58	2,27	3,67	n. best.	n best.
Zusammensetzung nach einmaligem Umschmelzen	4,67	2,44	2,58	n. best	n best.
Spiegeleisen.					
Zusammensetzung vor dem Umschmelzen	4,62	0,40	16,24	n. best.	n. best.
Zusammensetzung nach einmaligem Umschmelzen	4,96	0,66	10,98	n best.	n. best.

In beiden Fällen hat nicht nur der Silicium- sondern auch der Kohlenstoffgehalt zugenommen, während der Mangangehalt sich stark verringerte.

Dass auch ein geringerer Mangangehalt die Verbrennung des Siliciums wenigstens erschwert, wenn nicht ganz verhindert, wird durch die folgenden Ergebnisse von Schmelzversuchen erwiesen, bei welchen

[1]) Nach E. v. Köppen, Dinglers polyt. Journal, Band 232, S. 53.

drei Roheisensorten mit verschiedenem Mangangehalte vier Male hintereinander umgeschmolzen wurden[1]):

	Kohle	Silicium	Mangan	Kupfer	Phosphor	Schwefel
Gutehoffnungshütter Roheisen Nr. I.						
Zusammensetzung vor dem Umschmelzen	4,15	2,05	0,77	0,06	0,61	n. best.
Zusammensetzung nach viermaligem Umschmelzen	3,49	1,55	0,12	0,05	0,72	n. best.
Coltness Roheisen Nr. I.						
Zusammensetzung vor dem Umschmelzen	4,05	2,52	1,27	0,05	0,72	n. best.
Zusammensetzung nach viermaligem Umschmelzen	3,49	2,07	0,46	0,07	0,87	n. best.
Gleiwitzer Roheisen.						
Zusammensetzung vor dem Umschmelzen	4,17	1,52	2,08	0,08	0,33	n. best.
Zusammensetzung nach viermaligem Umschmelzen	3,68	1,33	0,73	0,08	0,47	n. best.

Das manganreichste Eisen büsst hier am wenigsten Silicium ein; auf den ursprünglichen Siliciumgehalt bezogen beträgt die Abnahme nach viermaligem Umschmelzen

bei Gutehoffnungshütte	Coltness	Gleiwitz
24,6 v. H.	17,6 v. H.	12,7 v. H.

Der Phosphorgehalt hat aus dem schon besprochenen Grunde regelmässig etwas zugenommen.

Deutlich zeigen auch nachstehende Analysen[2]) den Einfluss wiederholten Umschmelzens:

---

[1]) Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen auf das Jahr 1880, S. 5.

[2]) Nach Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, S. 98.

	Chemische Zusammensetzung					
	Silicium	Graphit	Gesamt-Kohlenstoff	Mangan	Phosphor	Schwefel
Roheisen vor dem Umschmelzen	2,30	2,35	3,10	2,00	0,29	0,06
Nach 1maligem „	2,42	2,73	3,33	1,09	0,31	0,04
„ 2 „ „	2,29	2,57	3,32	0,80	0,32	0,05
„ 3 „ „	1,92	2,48	3,30	0,66	0,27	0,05
„ 4 „ „	1,38	2,54	3,34	0,44	0,30	0,10
„ 5 „ „	1,30	2,16	3,31	0,45	0,30	0,09
„ 6 „ „	1,16	2,08	3,34	0,36	0,28	0,20

Bei dem ersten Umschmelzen wird, da der Mangangehalt noch ziemlich hoch ist, der Siliciumgehalt nicht verringert, sondern sogar etwas erhöht, während von dem Mangangehalte fast die Hälfte wegbrennt; dann aber tritt auch der Siliciumgehalt mehr und mehr aus. Dass mit dem Siliciumgehalte auch der Graphitgehalt sich stetig verringert, obgleich der Gesamtkohlenstoffgehalt eher zu- als abnimmt, folgt aus dem früher über den Einfluss des Siliciumgehalts auf die Graphitbildung Gesagten.

Beachtenswert ist auch bei den zuletzt mitgeteilten Beispielen die fast stetig und zuletzt in starkem Masse wahrnehmbare Zunahme des Schwefelgehalts beim Umschmelzen[1]).

Zur Berechnung der Zusammensetzung des Einsatzes für eine ins Auge gefasste Zusammensetzung des geschmolzenen Eisens wird man annehmen können, dass von dem Siliciumgehalte durchschnittlich ein Fünftel bei jedem Umschmelzen wegbrennt, sofern das Roheisen nicht mehr als 1 v. H. Mangan enthält, während der Mangangehalt, abweichend nach seinem ursprünglichen Betrage, sich um ein Viertel bis ein Drittel zu vermindern pflegt.

Mit der chemischen Zusammensetzung des eingesetzten Eisens ändern sich seine Eigenschaften, insbesondere seine Festigkeit. War es sehr silicium- oder graphitreich, so steigert sich seine Festigkeit zunächst, bis bei wiederholtem Umschmelzen der Siliciumgehalt unter das zur ausreichenden Graphitbildung erforderliche Mass sinkt; war es schon von vornherein nicht reich an Silicium, so kann sich die Festigkeit bereits beim ersten Umschmelzen verringern. Bei den zuletzt mitgeteilten Versuchen mit Roheisen von 2,30 v. H. Silicium betrug die Biegungsfestigkeit nach dem ersten Umschmelzen 23,2 kg, stieg dann bei jedem Umschmelzen, bis sie nach dem vierten Umschmelzen (1,38 v. H. Silicium) das höchste Mass von 37,1 kg erreichte; dann fiel sie rasch wieder und betrug nach dem sechsten Umschmelzen nur noch 21,7 kg.

---

[1]) Sonstige Beispiele über die Veränderungen beim Umschmelzen im Kupolofen: „Stahl und Eisen“ 1895, Seite 154.

Zusammensetzung der Schlacken.

Auch die Zusammensetzung der Schlacken, dieser unvermeidlichen und sogar notwendigen Nebenerzeugnisse des Kupolofenschmelzens, ermöglicht manche wertvolle Schlussfolgerung auf die im Innern des Ofens stattgehabten Vorgänge. Die Schlacken bilden sich aus dem verbrannten Silicium, Mangan und Eisen des geschmolzenen Metalls, aus dem zugeschlagenen Kalkstein und den in mehr oder minder reichem Masse aufgelösten Bestandteilen des Ofenfutters. Je mehr Kalkstein zugeschlagen wurde, je kalkreicher demnach die Schlacke ist, desto mehr treten die übrigen Körper zurück; ein grosser Eisengehalt lässt in jedem Falle auf stattgehabte starke Oxydation schliessen, wobei das Eisen leicht zum Weisswerden geneigt wird.

Nachstehend einige Beispiele:

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxydul	Manganoxydul	Kalkerde	Magnesia	Schwefel	Calcium
Schlacke eines Krigarofens nach Fischer[1])	56,04	11,55	15,34	4,02	9,73	0,51	0,17	0,21
Schlacke eines andern Kupolofens, nach Fischer[1]) . . .	55,01	11,61	14,91	1,06	15,05	0,49	0,22	0,28
Schlacke eines dritten Kupolofens, nach Fischer[1]) . . .	50,48	10,68	20,98	4,01	9,85	0,84	0,18	0,22
Schlacke eines Ibrüggerofens bald nach Beginn des Schmelzens; erfolgendes Eisen grau, weich. Von mir untersucht	50,77	13,24	18,52	3,58	12,75	0,75	n. best.	n. best.
Schlacke aus demselben Ofen wie vorstehend, gegen Ende des Schmelzens, Eisen hart, zum Weisswerden geneigt[2]). Von mir untersucht	47,75	12,35	23,85	3,34	11,69	0,47	n. best.	n. best.
Kalkreiche Schlacke aus einem Krigarofen; von mir untersucht . .	46,70	9,30	7,36	2,79	31,44	0,15	0,40	0,50

[1]) Dinglers Polyt. Journal, Band 231, S. 38.

[2]) Der Unterschied in der Zusammensetzung der beiden Schlacken aus dem Ibrüggerofen findet seine Erklärung, wenn man erwägt, dass bei Beginn des Schmelzens der Raum unterhalb der Windformen mit glühenden Koks, gegen Ende des Schmelzens dagegen zum grossen Teile mit erstarrten Schlacken angefüllt ist. In dem letzteren Falle tritt ein an freiem Sauerstoff reicher Gasstrom nach unten (vergleiche die Abbildung des Ibrüggerofens auf Seite 115) und verbrennt einen Teil des abwärts fliessenden Eisens.

Der Hauptunterschied in der Zusammensetzung der verschiedenen Schlacken beruht auf dem Kalkerde- und Eisenoxydulgehalte. Je reichlicher diese beiden Körper vertreten sind, desto niedriger muss der Kieselsäuregehalt sich beziffern. Je stärker aber die Oxydationswirkung des Schmelzofens war, desto höher muss der Eisenoxydulgehalt der Schlacke ausfallen.

Zusammensetzung der Gichtgase.

Ein drittes Erzeugnis, in dessen Zusammensetzung sich die Eigentümlichkeiten des Verlaufs des Kupolofenschmelzens spiegeln, sind die Gichtgase. Sie bestehen, wenn man von geringen Mengen schwefliger Säure und Wasserstoff absieht, aus Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenoxydgas und mitunter etwas freiem Sauerstoff. Ist letzterer zugegen, so ist dieser Umstand ein Beweis, dass der zugeführte Sauerstoff nicht vollständig verbraucht wurde, welcher Fall besonders dann eintreten muss, wenn ein Teil der eintretenden Luft Gelegenheit findet, sofort an den Wänden des Ofens emporzusteigen.

Je grösser das Verhältnis der Kohlensäure zum Kohlenoxydgas in den Gichtgasen ist, desto mehr Wärme lieferte der Brennstoff, mit desto weniger Brennstoff liess sich das Schmelzen bewirken, aber desto kräftiger war auch die Oxydationswirkung des Schmelzens. Das Verhältnis des Kohlensäuregehalts zum Kohlenoxydgehalte lässt demnach die Haupteigentümlichkeiten des stattgehabten Schmelzens ziemlich deutlich erkennen.

Beispiele:

	Stickstoff	Kohlensäure	Kohlen-oxydgas	Sauerstoff
	Raumteile			
Gase aus älteren Kupolöfen (1844); nach Ebelmen[1])	73,36	11,65	14,16	—
Wie vorstehend	73,96	11,60	13,56	—
Gase eines Krigarofens; Mittelwerte aus 20 Untersuchungen. Nach Fischer[2])	79,7	16,4	3,9	—
Gase eines andern Krigarofens, Mittelwerte aus 6 Untersuchungen. Nach Fischer[2])	81,6	13,3	5,1	—
Gase eines neueren Kupolofens, Mittelwerte aus 7 Untersuchungen. Nach Fischer[2])	79,5	13,1	7,4	—
Wie vorstehend. Mittelwerte aus 15 Untersuchungen. Nach Fischer[2])	78,5	15,1	6,4	—

[1]) Annales des mines, sér. IV, t. 5, p. 61.
[2]) Dinglers Polyt. Journal, Band 231, S. 38.

	Stickstoff	Kohlensäure	Kohlen-oxydgas	Sauerstoff
	Raumteile			
Gase eines Irelandofens. Nach Beckert[1])	n best.	13,8	4,0	—
Wie vorstehend	n.best.	12,5	11,7	—
Wie vorstehend	n.best.	15,0	8,0	—
Gase eines Kupolofens von Greiner & Erpf[2])	79,9	18,7	1,2	—
Gase eiues Herbertzofens, nach Beckert[1])	n.best.	10,7	—	6,7
Wie vorstehend	n.best.	11,5	3,4	8,2

In dem Ofen von Greiner & Erpf und in den Herbertzofen hat demnach die vollständigste Verbrennung stattgefunden; in dem letzteren freilich unter Zuführung eines reichlichen Luftüberschusses. Es ist demnach Luft angesaugt und dafür Dampf verbraucht worden, ohne dass diese Luft ihre Aufgabe erfüllen konnte.

V. Das Bessemern.

Ueder das Wesen dieses Verfahrens ist bereits auf Seite 27 das Wichtigste mitgeteilt worden. Es bezweckt eine Erzeugung von Flusseisen aus Roheisen durch die chemische Einwirkung von eingeleitetem Gebläsewind. Dieser Umwandlung des Roheisens muss ein Schmelzen in Kupolöfen vorausgehen, deren Einrichtung die gleiche ist, wie in Eisengiessereien. Es sind demnach zwei getrennte Vorrichtungen erforderlich: die Kupolöfen und die Birne oder der Converter. Aus dem Kupolofen wird das fertig geschmolzene und in entsprechender Menge angesammelte Roheisen in die Birne übergeführt, um hier binnen etwa 15 Minuten verblasen und dann ausgegossen zu werden. Damit aber das Metall während des Blasens nicht abkühle, sondern über die noch höhere Erstarrungstemperatur des Flusseisens hinaus erhitzt werde, muss es Bestandteile enthalten, durch deren Verbrennung eine für den Zweck ausreichende Wärmemenge entwickelt wird. Die Verbrennung des Kohlenstoffs bleibt hierfür, wie die Erfahrung lehrt und sich wissenschaftlich erklären lässt, ziemlich belanglos; vornehmlich ist es der Siliciumgehalt des Roheisens, welchem die Erfüllung jener Aufgabe ob-

[1]) „Stahl und Eisen“ 1886, S. 557.

[2]) Journal of the Iron and Steel Institute, 1888, II, p. 247.

liegt. Daher muss das für diesen Zweck bestimmte Roheisen etwa 2 bis 2,5 v. H. Silicium enthalten, um so mehr, je kleiner der einmalige Einsatz ist, und je leichter er deshalb abkühlt. Phosphor aber wird in den für die Kleinbessemerei bestimmten Birnen, welche mit kieselsäurereichem Futter versehen sind, nicht abgeschieden; daher ist nur ein phosphorarmes Roheisen verwendbar, dessen Kaufpreis verhältnismässig hoch ist. Neben dem Kohlenstoff, Silicium und Mangan wird auch ein Teil des Eisens selbst beim Blasen verschlackt, der Abbrand ist deshalb beträchtlich und beziffert sich auf etwa 20 v. H. des Einsatzgewichts. Hierzu kommen die ziemlich hohen Unterhaltungskosten für die Birne, so dass die Kosten der Kleinbessemerei sich in der Regel höher stellen als die des Martinverfahrens.

Hinsichtlich der Einrichtung der Birnen möge auf die schon früher (Seite 28) gegebene Litteratur und die Handbücher über Eisenhüttenkunde verwiesen werden. Für die Durchführung des Verfahrens wird die Birne, während das Roheisen im Kupolofen schmilzt, durch ein darin erhaltenes Koksfeuer bis zum Glühen erhitzt; dann wird sie gewendet, so dass die Einlassöffnung sich oben befindet, und das flüssige Metall wird eingelassen. Nun stellt man das Gebläse an, richtet die Birne auf, und die Verbrennung der Fremdkörper beginnt. Eine weisse Flamme schlägt aus dem Halse der Birne; nach 15 bis 20 Minuten erlischt sie; und die Entkohlung ist beendet. Das Metall aber ist sauerstoffhaltig geworden; wie beim Schmelzen im Martinofen (Seite 103) wird ein Zusatz von Siliciummanganeisen gegeben und schliesslich, jedoch gewöhnlich erst nach dem Ausgiessen des Metalls aus der Birne, eine kleine Menge Aluminium hinzugefügt. Die Entleerung der Birne erfolgt durch Kippen; eine Giesspfanne nimmt zunächst das fertige Metall auf und befördert es nach den Gussformen.

Ueber die chemische Zusammensetzung des fertigen Metalles ist bereits auf Seite 28 Mitteilung gemacht worden.

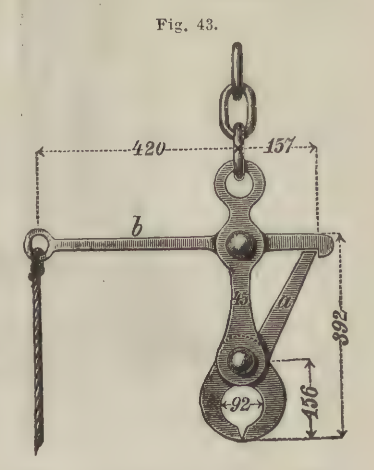
Dritter Abschnitt.

Verschiedene Hilfsvorrichtungen der Giessereien.

I. Die Fallwerke und Masselbrecher.

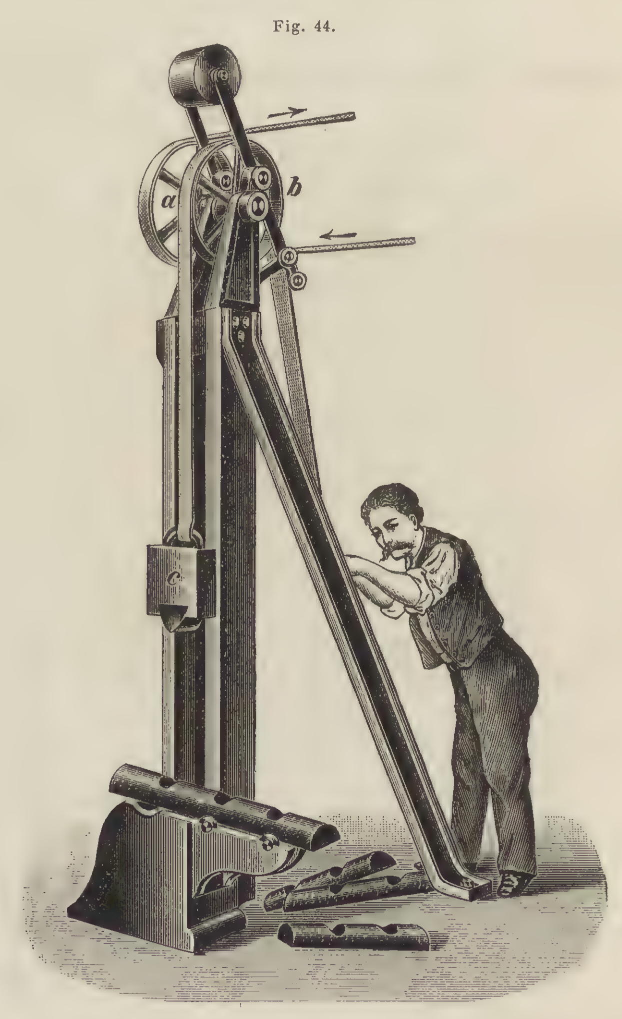
Man benutzt diese Vorrichtungen teils zum Zerschlagen schwerer Ausschuss- oder Inventarstücke, welche zum Einschmelzen bestimmt sind und durch Zerschlagen mit der Hand nur in mühseliger Weise sich zerkleinern lassen würden, teils zum Zerkleinern der von den Hochofenwerken gelieferten Roheisenmasseln. Letztere lassen sich zwar ohne grosse Schwierigkeit auch mit dem Handhammer zerteilen, aber der Aufwand an Zeit und Arbeitslöhnen dafür ist beträchtlicher als bei Benutzung einer Maschine, und je umfänglicher der Betrieb ist, desto vorteilhafter ist die Anwendung der letzteren. Eine einfache, schon in früheren Jahrhunderten benutzte Vorrichtung dieser Art besteht aus einem gusseisernen Fallblock von etwa 500 kg oder darüber Gewicht mit eingegossener schmiedeiserner Oese, welcher an einem Seile oder einer Kette auf eine Höhe von 6 bis 10 m emporgezogen wird und dann frei auf den darunter liegenden, zum Zerkleinern bestimmten Gegenstand niederfällt. Damit die Arbeit in leichter Weise ausgeführt werden könne, hängt der Fallblock nicht fest an der Kette, sondern wird von einer an der letzteren befestigten Zange (sogenannten Teufelsklaue) ergriffen, welche, sobald die Kugel auf die entsprechende Höhe emporgezogen ist, durch eine Schnur von unten geöffnet wird und die Kugel fallen lässt. Die Abbildung (Fig. 43) stellt eine solche Teufelsklaue dar. Aus der Abbildung ist leicht zu ersehen, dass der Schenkel a vermöge des Drucks, den er gegen die an der rechten Seite des Hebels b befindliche Nase ausübt, diesen selbst in seiner Stellung so lange festhält, bis ein kräftiger Zug

Fig. 43.



an der links befindlichen Schnur die Verbindung löst. Die Kette oder das Seil, an dem diese Vorrichtung hängt, wird oben über eine Rolle geführt, welche an einem Holzgerüste befestigt ist. Gewöhnlich benutzt man drei kräftige und entsprechend lange Bäume, welche wie die Kanten einer dreiseitigen Pyramide gegeneinander gestellt und oben durch eine Haube aus Holz oder Gusseisen verbunden sind, in welcher der Haken zum Tragen jener Rolle befestigt ist. Die Füsse der Bäume steckt man in gusseiserne Schuhe. An dem einen der Bäume wird eine Winde (Haspel) befestigt, zum Aufziehen der Kugel bestimmt und mit Sperrvorrichtung versehen, so dass man in jeder beliebigen Höhe der Kugel

Fig. 44.



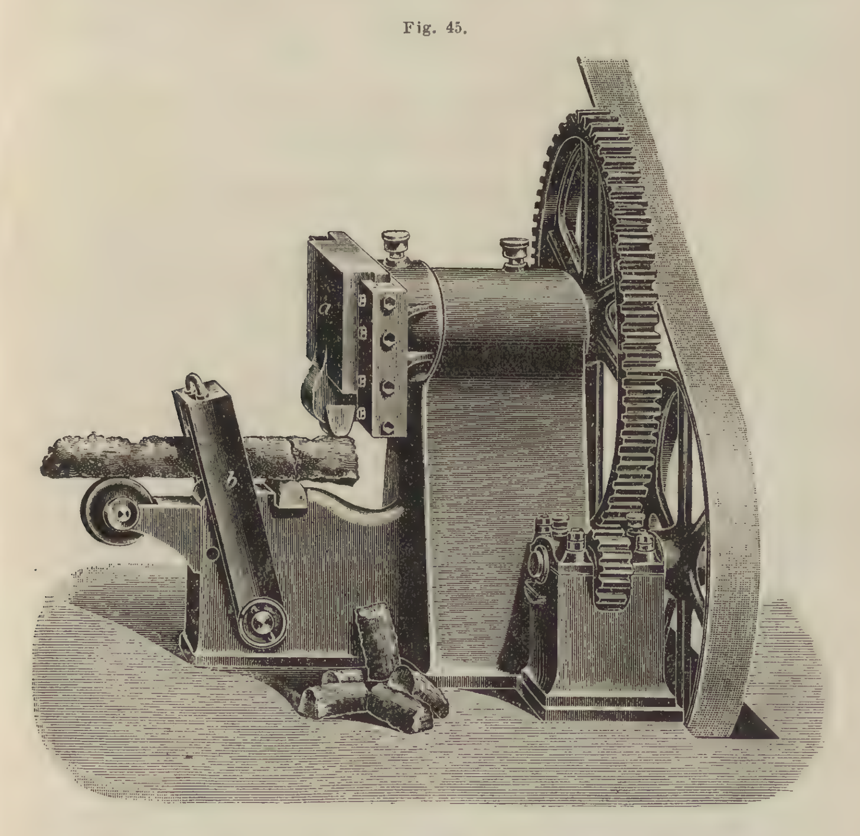
die Sperrung einlegen und die Schnur anziehen kann. Durch eine Wand aus starken Bohlen muss die Winde von dem Platze, wo die Fallkugel

niederschlägt, getrennt sein, damit die an ihr beschäftigten Arbeiter und die Winde selbst vor Beschädigung durch die umhergeschleuderten Trümmer des zerschlagenen Gussstücks geschützt sind.

Wo die Arbeit häufig vorkommt, und wo besonders schwere Arbeitsstücke zerschlagen werden sollen, welche die Anwendung grösserer Fallgewichte erforderlich machen, nimmt man Dampfkraft zum Betriebe der Winde, welche das Emporziehen besorgt, in Anwendung.

Ist jedoch das Fallwerk nur zum Zerkleinern von Masseln bestimmt, so kann das Gewicht und die Fallhöhe geringer sein, und man kann zugleich eine Vorrichtung anbringen, welche die Auflagerung der Masseln erleichtert. Ein Fallwerk dieser Art, von der Badischen Maschinenfabrik in Durlach gebaut, ist in Fig. 44 a. S. 156 abgebildet. Die Riemenscheibe a empfängt von einer Vorgelegewelle aus den Antrieb in der Richtung der Pfeile und überträgt die Bewegung auf die Scheibe über welche der zum Tragen des Fallbärs c bestimmte Riemen gelegt

Fig. 45.



ist. Wenn der Arbeiter das andere Ende des Riemens erfasst und abwärts zieht, so wird zwischen dem Riemen und der Riemenscheibe Reibung erzeugt, und ein geringer Kraftaufwand genügt auch zum Heben eines ziemlich schweren Gewichts. Lässt aber der Arbeiter den

Riemen los, so wird dieser durch den am Kopfe des Ständers gelagerten Hebel mit Gegengewicht von der Riemenscheibe abgehoben, und der Fallbär fällt mit voller Wucht nieder. Die Roheisenmassel kann auf Rollen leicht vorgeschoben werden, sobald ein Stück abgeschlagen ist, und ein neuer Schlag erfolgen soll.

Auch Pressen kommen statt der Fallwerke zum Zerkleinern der Masseln in Anwendung. Ein durch Kurbel mit Schleife angetriebener Masselbrecher, ebenfalls von der Badischen Maschinenfabrik gebaut, ist in Fig. 45 a. S. 157 dargestellt. Die Einrichtung ist leicht verständlich. Der Schieber a erhält durch die im Ständer gelagerte Kurbelschleife auf- und niedergehende Bewegung und zerbricht beim Niedergange die darunter geschobene und durch den Bügel b festgehaltene Massel. Statt des Riemenantriebs kann auch elektrischer Antrieb stattfinden. Die Anzahl der Hübe in der Minute ist 25 bis 30; der Aufwand an mechanischer Arbeit 6 bis 10 Pferdestärken, abweichend nach der Dicke der Masseln.

Steht Druckwasser zur Verfügung, so lässt sich auch dieses mit Vorteil zum Betriebe der Masselbrecher benutzen [1]).

II. Die Krahne.

1. Die verschiedenen Krahnformen.

Ein Krahn ist eine Vorrichtung, um Lasten zu heben und auf begrenzte Entfernungen fortzubewegen. Die Last hängt dabei an einer Kette oder einem Seile, welches über Rollen geführt ist; um das Anheben durch eine geringere Kraft zu ermöglichen, als dem Gewichte der Last entsprechen würde, schaltet man zwischen dem Angriffspunkte der Kraft und demjenigen der Last Getriebe, Haspel und Flaschenzug ein, und zwar bei kleinen Krahnen einzelne dieser Vorrichtungen, bei grösseren sämtliche in Verbindung untereinander.

Nach der Art und Weise, wie die Fortbewegung der vom Krahne angehobenen Last erfolgt, lassen sich zwei Hauptgattungen der Krahne unterscheiden:

1. Drehkrahne. Die Last hängt an einem wagerecht oder schräg gerichteten Arme, dem Ausleger, und wird mit diesem um eine senkrechte Achse im Kreise gedreht. Bei Giessereikrahnen dieser Gattung hat der Ausleger stets wagerechte Lage, und der Aufhängepunkt der Last ist verschiebbar gegen die Drehungsachse angeordnet; solcherart erhält man die Möglichkeit, Lasten innerhalb der ganzen Kreisfläche zu heben und fortzubewegen, welche von dem Ausleger bei seiner Drehung bestrichen wird, und deren Durchmesser gleich der doppelten Länge des Auslegers ist.

Der Wirkungskreis der Drehkrahne ist auf einen bestimmt begrenzten Platz beschränkt, dessen Grösse von der Länge des Krahnarms abhängig ist, und innerhalb dieses Feldes entzieht der Krahn selbst noch

---

[1]) Abbildungen solcher Masselbrecher: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1899, Seite 437; „Stahl und Eisen“ 1895, Seite 1000.

eine Fläche von mindestens 1 1/2 m Durchmesser, welche für seine Aufstellung und Bedienung erforderlich ist, der sonstigen Benutzung; aber die Bedienung des Krahns ist einfach, seine Bewegung ist leicht und rasch zu bewirken. Für Arbeiten, welche stets auf der nämlichen Stelle ausgeführt werden, z. B. zum Emporheben von Formkasten und Modellen bei Herstellung der Gussformen, bedient man sich jener unleugbaren Vorzüge halber des Drehkrahns mit Vorliebe.

2. Laufkrahne oder Laufbühnen. Die Fortbewegung der Last auf weitere Entfernungen erfolgt durch Fortbewegung des ganzen Krahns, welcher zu diesem Zwecke auf Rollen (Rädern) in wagerechter Richtung fahrbar gemacht ist. Besteht er aus einer auf erhöhter Bahn mit grosser Spurweite beweglichen Bühne mit Windevorrichtung, welche mit dieser Bühne in einer Richtung und auf der Bühne in einer zweiten Richtung, rechtwinkelig gegen die erste, verschiebbar ist, so heisst die Vorrichtung Laufbühne oder Laufkrahn im engeren Sinne; befindet sich die Bahn des Krahns dagegen auf ebener Erde, so nennt man ihn bisweilen Rollkrahn.

Das von einem Laufkrahne bestrichene Feld ist ein Rechteck, dessen Breite gleich der Breite des Krahns (der Spurweite den Räder) ist, und dessen Länge sich beliebig weit ausdehnen lässt; da der Krahn auf erhöhter Bahn läuft, wird der Platz innerhalb des Arbeitsraums nicht durch ihn beengt. Jene Möglichkeit, die Länge des von einem und demselben Krahne erreichbaren Feldes nach Belieben auszudehnen, und dieser Wegfall einer Beengung des Arbeitsraums bilden unläugbare Vorzüge des Laufkrahns vor dem Drehkrahne. Abgemindert wird jedoch der ersterwähnte Vorteil durch den Umstand, dass wegen des ziemlich bedeutenden Gewichts eines solchen Krahns seine Fortbewegung nicht allein einen höheren Arbeitsverbrauch erheischt als die Drehung des Drehkrahns, sondern auch langsamer von statten geht. Hierdurch ist von vornherein die Möglichkeit ausgeschlossen, einen und denselben Laufkrahn häufig wiederkehrend und in kurzen Zwischenräumen an weit voneinander entlegenen Stellen des Arbeitsraums zu benutzen; man ist vielmehr in Giessereien von grösserer Ausdehnung, welche mit Laufkrahnen bedient werden sollen, zur Vermeidung empfindlicher Zeitverluste gezwungen, mehrere Krahne hintereinander anzuordnen, das einem jeden einzelnen zugehörige Gebiet also auf ein kleineres Mass zu beschränken. Die Bedienung eines Laufkrahns aber ist durchschnittlich weniger einfach als diejenige eines Drehkrahns. Kleine Laufkrahne für Handbetrieb lassen sich allerdings von ebener Erde aus mit Hilfe von Handketten bewegen; grössere Laufkrahne dagegen erfordern die Anwesenheit eines Arbeiters auf der fahrbaren Bühne, sei es, um die erforderliche Arbeit zum Heben und Fortbewegen zu verrichten, sei es zur Wartung der Ein- und Ausrückvorrichtungen bei Dampf- oder elektrischem Betriebe. Dadurch verteuert sich die Benutzung. Auch die Anlagekosten eines Laufkrahns pflegen höher zu sein als die eines Drehkrahns von gleicher Tragkraft. Für manche Zwecke der Giessereien, insbesondere für die Arbeiten bei Herstellung der Gussformen, ist daher ein Drehkrahn nicht selten bequemer benutzbar als ein Laufkrahn.

Wenn es sich also darum handelt, entweder die eine oder die andere Krahnform für eine Giesserei zu wählen, so wird man sich für einen Laufkrahn meistens dann entscheiden, wenn die Giesserei klein und der vom Krahne zurückzulegende Weg kurz ist, der Platz im Arbeitsraume aber möglichst wenig beengt werden darf. Mit Hilfe eines einzigen Laufkrahns von entsprechender Breite erhält man dann die Möglichkeit, jede einzelne Stelle des Arbeitsraums unschwer zu erreichen. Zweckmässig kann dagegen in grösseren Giessereien die Anwendung beider Krahnformen nebeneinander sein, derartig, dass für die stets wiederkehrenden Arbeiten an bestimmten Plätzen, insbesondere für die Herstellung der Gussformen, Drehkrahne, für das Fortbewegen grösserer Lasten auf weitere Entfernungen (grosser Abgüsse, Giesspfannen mit geschmolzenem Gusseisen u. a. m.), dagegen Laufkrahne von entsprechend grosser Tragfähigkeit benutzt werden. Näheres über die geeignetste Anordnung dieser Krahne gegeneinander ist im siebenten Abschnitte mitgeteilt.

Rollkrahne, aus einem auf Schienen zu ebener Erde laufenden Wagen bestehend, welcher die verschiedenen Bewegungsvorrichtungen trägt, würden den Platz innerhalb des Arbeitsraums mehr noch als Drehkrahne beengen und sind daher für die Benutzung bei den gewöhnlichen Arbeiten der Giessereien, insbesondere beim Einformen, nicht geeignet. Man bedient sich ihrer bisweilen ausserhalb der Gebäude auf Lagerplätzen von Formkästen oder Gussstücken, um diese Gegenstände zu heben und auf grössere Entfernungen fortzubewegen; ausserdem auch in grossen Stahlgiessereien (Martin- und Bessemerhütten) zur Bewegung grosser mit flüssigem Stahl gefüllter Giesspfannen von dem Schmelzofen nach dem Giessraume (Giesswagen). Zwar fällt auch bei dieser Verwendung der Nachteil einer Platzbeengung nicht ausser Betracht; aber die Gefahr eines Unglücksfalles ist geringer, welcher bei Lauf- oder Drehkrahnen durch das Reissen einer Kette, an welcher die gefüllte Pfanne hängt, herbeigeführt werden kann. In den Martin- und Bessemerhütten pflegt diese Fortbewegung grosser Mengen flüssigen Metalls nach jedem Schmelzen, in den Eisengiessereien dagegen nur dann erforderlich zu sein, wenn grosse Abgüsse gefertigt werden sollen. Die Vermeidung jener erwähnten Gefahr besitzt daher in Stahlwerken auch grössere Bedeutung als in Eisengiessereien, und durch Anwendung von solchen Rollkrahnen, welche ohne Anwendung von Ketten oder Seilen die Last tragen und bewegen, lässt sich der Zweck ziemlich vollständig erreichen.

Näheres über die Einrichtung von Rollkrahnen findet der Leser in der weiter unten angegebenen Litteratur.

* * *

Die Bewegung der Krahne geschieht von Hand, durch Dampfkraft, durch elektrische Kraftübertragung, oder durch Wasserdruck.

Die Handkrahne besitzen vor den übrigen den Vorteil grösserer Einfachheit, billigerer Anlagekosten, leichterer Wartung. Wo nur geringere Lasten gehoben werden sollen, oder wo — auch beim Heben grösserer Lasten — die Benutzung eines Krahnes nur in längeren Zwischenräumen stattfindet, ist nur ein Handkrahn mit Vorteil benutzbar.

Bei den Dampfkrahnen pflegt von einer feststehenden Dampfmaschine aus durch eine Welle oder ein Seil ohne Ende die Bewegung auf die Hauptwelle des Krahns oder mehrerer Krahne übertragen zu werden, von welcher dann die übrigen Teile ihre Bewegung erhalten, sobald man sie durch eine Einrückung mit jener Welle verbindet. Rollkrahne mit Dampfbetrieb dagegen führen meistens ihren eigenen Dampfkessel nebst Dampfmaschine mit sich. In einem Betriebe von grossem Umfange kann durch die Benutzung von Dampfkrahnen, zumal wenn häufig sehr schwere Lasten gehoben werden müssen, unläugbar Zeit und Arbeit gespart werden; aber für die Bedienung der Dampfkrahne ist ein eigener Wärter erforderlich, häufiger als bei Handkrahnen kommen Beschädigungen vor, und die Erzeugungskosten der Dampfkraft fallen um so schwerer in die Wagschale, je weniger umfänglich die beanspruchte Leistung des Krahns ist.

Bei neueren Anlagen ist es üblich geworden, statt der Dampfkrahne elektrische Krahne zur Anwendung zu bringen. Statt der schwerfälligen, einer steten Beaufsichtigung bedürfenden Wellen oder Seile der Dampfkahne dient das elektrische Kabel zur Kraftübertragung; ein oder mehrere Elektromotoren am Krahne vermitteln die Bewegung. Die Nutzwirkung dieser Krahne ist günstig, ihre Bedienung einfach.

Wasserdruckkrahne finden in Stahlwerken zum Heben und Bewegen schwerer, mit flüssigem Stahl gefüllter Giesspfannen häufige Benutzung. Man baut sie als Drehkrahne und als Rollkrahne. Erstere, durch Einfachheit ausgezeichnet, tragen auf dem Scheitel des senkrecht beweglichen Druckkolbens den im Kreise drehbaren Ausleger, an dessen Ende die Last hängt; durch Zulassen von Druckwasser findet Anheben statt, beim Auslassen des Wassers senkt sich der Kolben und mit ihm die Last. Das Druckwasser wird diesen Krahnen von einem Drucksammler aus zugeführt. Bei den Rollkrahnen trägt der auf Schienen rollende Wagen nicht nur die Druckpumpen, welche das Druckwasser liefern, nebst Wasserbehälter, sondern auch den Dampfkessel und die Dampfmaschine zu ihrem Betriebe [1]). Sie sind weniger einfach als die Drehkrahne, ermöglichen aber, wie die Laufkrahne, die Bedienung einer grösseren Fläche. Die Veranlassung zur Benutzung solcher Wasserdruckkrahne für die Fortbewegung grösserer Mengen flüssigen Metalls in Stahlwerken ist die grössere von ihnen gebotene Sicherheit gegen Unglücksfälle, da die Anwendung von Ketten oder Seilen bei ihnen ausgeschlossen ist. Ungeeignet würden sie für andere Zwecke einer Giesserei, z. B. das Abheben der Formkasten, Herausziehen der Modelle aus den Gussformen u. s. w., sein. Wasserdruckkrahne, bei welchen durch Vermittelung von Seilen oder Ketten die einzelnen Teile von dem Druckcylinder aus bewegt werden, hat man vereinzelt wohl für diesen Zweck in Anwendung gebracht; in Rücksicht auf die Beschaffung des erforderlichen Druckwassers, die Anlage einer Druckwasserleitung nebst

---

[1]) Abbildungen von Wasserdruckkrahnen für Stahlwerke: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, S. 879 und 882. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1889, S. 1; „Stahl und Eisen“ 1890, S. 1042; 1897 Seite 569.

Steuerungsvorrichtung u. s. w. stellen sich jedoch die Kosten für die Anlage und den Betrieb solcher Krahne gewöhnlich verhältnismässig hoch. Die Anlage ist zu wenig einfach, um als recht zweckmässig bezeichnet werden zu können [1]).

2. Einige Ergänzungsteile zu den Krahnen.

Bei den durch Seil oder Kette die Bewegung vermittelnden Krahnen trägt der im Seil oder in der Kette hängende Flaschenzugkloben den geschmiedeten Krahnhaken, an welchem die Last hängt. Krahnen für andere Zwecke, z. B. Verladekrahnen, pflegt man einen doppelten Krahnhaken (mit zwei Bügeln an gemeinsamem Schafte) zu geben; für Giessereikrahne sind dagegen nur einfache Haken verwendbar.

Vielfach liegt bei Benutzung der Krahne in den Eisengiessereien die Aufgabe vor, langgestreckte Gegenstände in wagerechter Lage emporzuziehen und fortzubewegen: Formkasten, Abgüsse u. a. m. Um hierbei die Aufhängung am Krahnhaken zu erleichtern und die wagerechte Lage des betreffenden Stücks auch während des Aufziehens und der Bewegung zu sichern, hängt man zwischen diesem und dem Krahnhaken ein Zwischenstück ein, welches Krahnbalken oder Balancier genannt wird und ein unentbehrliches Ergänzungsstück zu den Giessereikrahnen bildet.

Man fertigt diese Krahnbalken meistens aus Gusseisen und hängt sie derartig am Krahnhaken auf, dass sie ziemlich ungleichförmige Belastungen ertragen, ohne aus der wagerechten Lage gebracht zu werden.

In Fig. 46 ist eine für kleinere Belastungen, in Fig. 47 eine für grössere Belastungen übliche Form solcher Krahnbalken abgebildet. Die Einschnitte an den oberen Kanten dienen zum Einhängen der Last, um deren Gleiten unmöglich zu machen. Selbstverständlich muss der Krahnbalken entsprechend starke Abmessungen erhalten, um die zu hebende Last ohne Gefahr für den Bruch tragen zu können; anderenteils wächst mit der Tragfähigkeit des Balkens sein eigenes Gewicht und somit auch die erforderliche Arbeit beim Heben. Aus diesem Grunde pflegt man in den Eisengiessereien mehrere Balken von verschiedener Grösse in Bereitschaft zu halten, und um Verwechselungen zu vermeiden, ist es zweckmässig, auf einem jeden die zulässige Belastung in grossen Schriftzeichen aufzugiessen.

Um für eine vorgeschriebene Belastung einen Krahnbalken zu entwerfen, kann man in folgender Weise verfahren.

Der sogenannte gefährliche Querschnitt, welcher die stärksten Abmessungen erhalten muss, geht durch die Aufhängepunkte. Bezeichnet

---

[1]) Litteratur über Krahne: W. H. Uhland, Die Hebeapparate deren Konstruktion, Anlage und Betrieb, Jena 1882, F. Lincke und F. Gutermuth, Hebemaschinen, Leipzig 1890. A. Ernst, Die Hebezeuge, 3. Auflage, Berlin 1899, Seite 467. M. Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, Band 4, Braunschweig 1875. J. Weisbach, Ingenieur- und Maschinenmechanik, Teil 3, bearbeitet von G. Hermann, Braunschweig 1880. F. Zizmann, Berechnung und Konstruktion der Gestelle der Krahne, Hildburghausen 1900. Ed. Breslauer, Kraft- und Hebemaschinen, Leipzig 1900, Seite 745.

nun P die gesamte zu tragende Last in Kilogrammen, L den Abstand in Metern des äussersten Angriffspunktes der Last vom Aufhängepunkte (bei dem Balken Fig. 47 von dem benachbarten Aufhängepunkte)

Fig. 46.

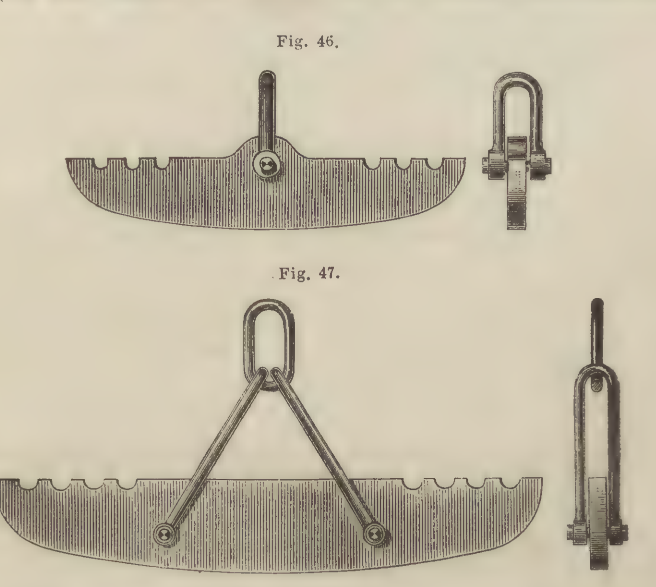


Fig. 47.

b die Breite und h die Höhe des rechteckigen Balkenquerschnitts in Centimetern, so nehme man für den gefährlichen Querschnitt

$$b\,h^2 = \frac{P\,L}{1{,}6}$$

also, wenn b gegeben ist (man pflegt dafür 2,5 bis 5 cm anzunehmen, verschieden nach der Länge und der zu tragenden Last),

$$h = \sqrt{\frac{P\,L}{1{,}6\,b}}.$$

Beispiel, Ein Balken habe als grösste Belastung 2000 kg zu tragen; er sei in der Mitte wie in Fig. 46 aufgehängt und seine ganze Länge (welche durch die Länge der zu hebenden Arbeitsstücke gegeben ist) sei 2 m. Es ist alsdann

$$L = 1 \text{ m}$$

$$b\,h^2 = \frac{2000 \cdot 1}{1{,}6} = 1250.$$

Nimmt man b = 3 cm, so erhält man

$$h = \sqrt{\frac{1250}{3}} = 20{,}5 \text{ cm}.$$

Da jedoch der Balken gerade im gefährlichen Querschnitte durch die hindurchgehende Oeffnung für den Aufhängebügel geschwächt wird, empfiehlt es sich, ihn durch etwas grössere Höhe (wie in Fig. 46) oder auch durch einen rings um das Bügelloch herumlaufenden Bund zu verstärken.

Für grössere Längen des Balkens würde die Form Fig. 47 zweckmässiger sein, weil hier der Wert L, d. h. der Abstand der Last vom benachbarten Aufhängepunkte, geringer ist, als wenn letzterer sich in der Mitte befindet, und demnach auch der erforderliche Querschnitt kleiner ausfällt. Soll z. B.

ein 3 m langer Balken für eine Belastung von 5000 kg gegossen werden und man legt die beiden Aufhängepunkte 1 m von einander, gibt also auch den freien Enden (L) je 1 m Länge, so ist

$$b\,h^2 = \frac{5000 \cdot 1}{1,6} = 3125.$$

Gibt man dem Balken 4 cm Stärke, so wird

$$h = \sqrt{\frac{3125}{4}} = 28 \text{ cm}.$$

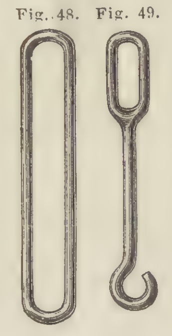
Der Teil zwischen den beiden Aufhängepunkten erhält dieselben Abmessungen wie der gefährliche Querschnitt.

Stellt man die Balken aus Herdguss dar, so empfiehlt es sich in Rücksicht auf die geringere Festigkeit der Herdgussstücke, die Abmessungen um ein Zehntel reichlicher zu nehmen.

Dem durchgehenden Zapfen, an welchem der Balken aufgehängt ist, kann man für je 1000 kg Belastung 5 bis 6 qm Querschnitt geben, dem Aufhängebügel für je 1000 kg 1 qcm Querschnitt in jedem der beiden Schenkel.

Demnach würde der oben berechnete Balken für 2000 kg Belastung einen Zapfen von 12 qcm Querschnitt also 4 cm Durchmesser erhalten; der grössere Balken, dessen Belastung auf zwei Zapfen verteilt wird, von denen mithin jeder 2500 kg zu tragen hat, Zapfen von 12,5 qcm Querschnitt und demnach ebenfalls 4 cm Durchmesser. Für die Bügel würde bei dem kleinen Balken Rundeisen von 1,6 cm Durchmesser, bei dem grösseren Rundeisen von 2,5 cm Durchmesser genügen.

Fig. 48. Fig. 49.



Zum Befestigen der Last am Balken benutzt man sogenannte Krahngehänge, entweder aus kurzen Hanf- oder Drahtseilen bestehend, deren Enden zusammengeflochten sind, so dass sie ringartig über Last und Balken geschoben werden können; oder auch, wenn das zu hebende Stück mit Zapfen zum Angreifen versehen ist (z. B. Formkasten) aus Schmiedeisen gefertigt und in entsprechende Form gebogen. Fig. 48 und 49 stellen zwei solcher Krahngehänge aus Schmiedeisen dar.

III. Die Trockenvorrichtungen.

Gar häufig liegt in den Eissengiessereien die Notwendigkeit vor, Gussformen oder Kerne durch eine Trocknung von ihrem Wassergehalte ganz oder zum grössten Teile zu befreien, damit nicht dieser durch Dampfbildung beim Giessen das Gelingen des Gusses vereitele; Gussformen für Stahlgüsse, welche, aus dichterem Formmateriale gefertigt, weniger durchlässig für Dämpfe als Eisengussformen sind, müssen sogar regelmässig getrocknet und mitunter bis fast zum Glühen gebrannt werden. Nun lässt sich allerdings schon durch ein einfaches Kohlenfeuer, welches rings um den zu trocknenden Gegenstand angefacht wird, jener Zweck erreichen, und in Ausnahmefällen wird dieses Mittel auch benutzt. Der Erfolg aber ist mitunter unbefriedigend und der Brennstoffverbrauch stets sehr hoch. In Rücksicht auf die grosse Zahl der täglich zu trocknenden Gegenstände ist deshalb jede Eisen- und Stahl-

giesserei mit besonderen Vorrichtungen zum Trocknen versehen, welche in vorteilhafterer Weise und gleichmässiger die Trocknung bewirken.

A. Die Trockenkammern.

Dieselben bilden die am häufigsten benutzte Vorrichtung zum Trocknen und sind in kleinerer oder grösserer Zahl in jeder Eisen- und Stahlgiesserei zu finden.

a) Allgemeine Einrichtung.

Trockenkammern sind geschlossene und heizbare Räume, in welchen die zu trocknenden Gegenstände aufgestellt werden und aus welchen dem sich entwickelnden Wasserdampfe genügender Abzug gesichert ist. Sie werden aus Mauerwerk aufgeführt, erhalten meistens eine rechteckige Grundfläche, eine gewölbte Decke und eine aus Eisen gefertigte Thür, welche die ganze Breite der Kammer einzunehmen pflegt, damit man im stande ist, auch solche Gegenstände in die Kammer zu bringen, welche fast ebenso breit wie diese sind. Nur bei solchen Kammern, die ausschliesslich zum Trocknen kleiner Gegenstände bestimmt sind, ist eine geringere Abmessung der Thür zweckmässig, da mit der Thürfläche auch der Wärmeverlust durch Abgabe nach aussen zunimmt.

Die Erhitzung der Kammer kann in zweierlei Weise geschehen.

Bei den Trockenkammern mit unmittelbarer Heizung werden die Verbrennungsgase durch die Kammer selbst hindurchgeführt, berühren hier im Vorbeiziehen die in der Kammer aufgestellten Gegenstände und mischen sich mit dem aus diesen verflüchtigten Wasserdampfe, um mit ihm nach der Esse zu entweichen. Da die Verdampfung des Wassers um so rascher vor sich geht, je weniger die Verbrennungsgase bereits mit Wasserdampf gesättigt waren, sind verkohlte Brennstoffe — Koks oder Holzkohlen — für diese Heizungsart geeigneter als unverkohlte, bei deren Verbrennung immerhin eine gewisse und oft recht beträchtliche Menge Wasser gebildet wird.

Die Trockenkammern dieser Art sind am häufigsten in Benutzung.

Bei den Trockenkammern mit Kanal- oder Röhrenheizung werden die Verbrennungsgase nicht in die Kammer selbst, sondern durch Kanäle oder Röhren — gewöhnlich aus Gusseisen gefertigt — hindurchgeführt, welche im Boden oder den Wänden der Kammer angeordnet sind und, wie ein Stubenofen, die Wärme an die Luft in der Kammer abgeben. Für den gebildeten Wasserdampf muss bei dieser Einrichtung ein besonderer Auslass nach der Esse geschaffen und zugleich Sorge getragen werden, dass der Zutritt einer entsprechenden Menge frischer Luft in die Kammer an Stelle der entweichenden, mit Wasserdampf gesättigten, stattfinde. Die Anlagekosten der Röhrenheizung sind höher als die der unmittelbaren Heizung; wo aber flammende, wasserbildende Brennstoffe zur Benutzung stehen, da können unleugbar die Trockenkammern mit Röhrenheizung von Nutzen sein, da die wasserhaltigen Verbrennungsgase geringere Fähigkeit besitzen, noch Wasser zu verdampfen.

Bisweilen auch hat man beide Heizungsformen vereinigt: die Verbrennungsgase durchstreichen zunächst Kanäle am Boden der Kammer und treten dann erst in diese selbst ein.

b) Bau- und Betriebsregeln.

Jede Trockenkammer bildet einen Ofen, in welchem Wärme entwickelt und Wärme abgegeben wird. Die Wärmeausnutzung wird durch den Umstand erschwert, dass die Aussenfläche der Kammer verhältnismässig gross im Verhältnisse zu der wärmeaufnehmenden Fläche der in ihr befindlichen Körper ist; erfahrungsmässig wird auch in gut eingerichteten Trockenkammern nicht mehr als höchstens 12 v. H. des gesamten Brennwerts des Brennstoffs nutzbar gemacht[1]). Die Trocknung der Gussformen und Kerne darf nicht allzu sehr beschleunigt werden, damit diese nicht durch stürmische Wasserdampfentwickelung beschädigt werden oder gar durch teilweise Zersetzung des Formmaterials Einbusse an ihrer Haltbarkeit erleiden. Aus diesem Grunde steigert man die Temperatur in den Kammern der Eisengiessereien selten über 200° C.; in sehr vielen Fällen ist schon eine Steigerung über 80 bis 100° nicht erforderlich; nur Gussformen aus wirklicher feuerfester Masse, zum Giessen des Stahls bestimmt, dürfen bis zum beginnenden Rotglühen erhitzt werden.

Um nun die Wärmeverluste durch die Wände der Kammer nach aussen möglichst abzumindern, stellt man diese aus schlecht leitendem Mauerwerk dar und gibt den äusseren Wänden mindestens 25 cm, häufiger 50 oder 75 cm Stärke; liegen dagegen mehrere Trockenkammern in einer Reihe nebeneinander, welche ständig geheizt werden, so genügt für die Zwischenwände eine geringere Stärke (etwa 12 ½ cm).

Solche dicken Wände aber, welche eine ziemlich bedeutende spezifische Wärme besitzen, nehmen bei dem Anheizen der Kammer eine entsprechend grosse Menge Wärme auf, um auf eine gewisse Temperatur erwärmt zu werden. Es dauert daher verhältnismässig lange, ehe die erforderliche Temperatur der Kammer erreicht ist; dann aber dienen jene Wände auch wieder als Wärmespeicher, welche die Kammer stundenlang warm halten, nachdem die Feuerung bereits erloschen ist. Solcherart kann man eine Kammer mit ausreichend starken Wänden ununterbrochen in Benutzung halten, auch wenn täglich nur wenige Stunden gefeuert wird; die Wärmeausnutzung hierbei lässt sich begünstigen, wenn nach Beendigung des Feuerns der Luftzug durch die Kammer, welcher ihr eine entsprechende Menge Wärme entzieht, bis auf dasjenige Mass eingeschränkt wird, welches zur Fortleitung des sich entwickelnden Wasserdampfes erforderlich ist. Aus diesem Grunde ist die Anbringung eines Schiebers in dem aus der Kammer zur Esse führenden Zuge sehr zu empfehlen; die Erfahrung lehrt, dass derselbe nach Beendigung des Feuerns meistens vollständig geschlossen werden kann, ohne dass die Trocknung beeinträchtigt wird; er schliesst selten so dicht, dass nicht doch ein schwacher Luftzug bliebe.

---

[1]) Beispiele: Ledebur, Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege, Braunschweig 1877, S. 189.

Da bei leerstehender Kammer die in den Wänden aufgespeicherte Wärme allmählich ungenutzt verloren geht, ist eine möglichst ununterbrochene Benutzung von Vorteil; aus demselben Grunde aber würden bei solchen Kammern, die nur zeitweise in Benutzung kommen und dann wieder abkühlen, dicke Wände weniger am Platze sein als dünnere.

Grosse Kammern ermöglichen, wenn ihr räumlicher Inhalt voll ausgenutzt wird, eine günstigere Wärmenutzung als kleine, da die wärmeabgebende Aussenfläche der Kammer nicht in demselben Verhältnisse mit ihrem Rauminhalte zunimmt; gestattet aber der Umfang des Betriebes nur eine teilweise Ausnutzung der Kammer, so fallen die Betriebsergebnisse noch ungünstiger aus als bei kleiner Kammer, da selbstverständlich eine grosse Kammer mehr Brennstoff als eine kleine zu ihrer Erwärmung bedarf. Daher muss die Grösse der einzelnen Kammern dem Bedürfnisse der betreffenden Giesserei entsprechend bemessen sein; die meisten Trockenkammern haben 15 bis 30 qm Grundfläche; doch findet man auch sehr kleine Kammern (z. B. zum Trocknen kleiner Kerne), deren Grundfläche nur etwa 1 qm beträgt, während in grossen Lehmformereien 50 qm Grundfläche oft nicht zu reichlich bemessen ist. Die Höhe der Kammern bis unter die Decke lässt man nicht gern unter Mannshöhe betragen, um das Ein- und Ausbringen nicht zu erschweren; soll die Kammer aber zum Trocknen sehr hoher Gegenstände benutzt werden, so kann auch eine entsprechend grössere Höhe erforderlich sein. Die Ziele der betreffenden Eisengiesserei müssen hierbei den Ausschlag geben.

Die Decke der Trockenkammern ist, wie erwähnt, meistens gewölbt. Man kann hierbei die Kammer entweder durch ein einziges Gewölbe überspannen, dessen Achse in der Längsrichtung der Kammer liegt, während die Seitenwände die Widerlager bilden; oder, was bei Kammern von grösserer Breite besonders empfehlenswert ist, man legt quer über die Seitenwände eine Anzahl eiserner Träger in nicht zu grossen Abständen voneinander und verbindet diese durch Gewölbbögen, deren Achsen rechtwinkelig gegen die Längsrichtung der Kammer gerichtet sind. Eine Verankerung der Kammern durch schmiedeiserne Anker ist in beiden Fällen notwendig, um dem Gewölbschube Rechnung zu tragen und die Entstehung starker Risse unter dem Einflusse der Temperaturwechsel zu vermeiden.

Mitunter auch findet man als Abdeckung der Kammern eiserne Platten angewendet, die auf eisernen Trägern ruhen und eine Sandschüttung tragen. Eine solche Einrichtung kann alsdann Begründung haben, wenn die Platten zum Wegnehmen eingerichtet sind und man die Absicht hat, mit Hilfe eines von oben her in die Kammer hineingreifenden Krahns Arbeiten in ihr vorzunehmen.

An der dem Arbeitsraume der Formerei zugekehrten Seite der Kammer (der Stirnseite) wird mit Hilfe von Schraubenbolzen, welche in das Mauerwerk eingelassen sind, ein kräftiger Gusseisenrahmen befestigt, um als Unterlage für die Thür zu dienen, welche, wie erwähnt, die ganze Breite der Kammer einzunehmen pflegt. Am geeignetsten sind Schiebethüren, zum Aufziehen eingerichtet, weil diese den Raum innerhalb des Arbeitsraums nicht beengen. Bei Anwendung solcher

Thüren versieht man den Thürrahmen mit zwei senkrechten Leisten, zwischen welchen die Thür geführt ist; letztere hängt an zwei Ketten, die oberhalb der Kammer über Rollen gehen und deren herabhängende Enden mit Gegengewichten beschwert sind, so dass beim Aufziehen und Niederlassen nur die Reibung zu überwinden ist und die Thür in jeder Stellung frei schwebt. Durch einige an den Führungsleisten des Thürrahmens befestigte Vorreiber wird die Thür dicht gegen den Rahmen gedrückt, wenn die Kammer geschlossen ist.

Wenn örtliche Verhältnisse, z. B. eine unzureichende Höhe des Gebäudes, die Anwendung solcher Schiebethüren verbieten, so wendet man Flügelthüren an, welche in Thürangeln am Thürrahmen sich drehen und mit Hilfe einer gewöhnlichen Klinke geschlossen werden. Doppelflügelige Thüren sind bei einigermassen beträchtlicher Breite den einflügeligen vorzuziehen.

Als Material zu den Thüren benutzt man Gusseisen oder Eisenblech. Bei der grossen Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens und der beträchtlichen, von der Thür einer Trockenkammer dargebotenen Fläche wird jedoch, wenn man einfache Thüren anwendet, eine reichliche Menge Wärme durch diese hindurch abgegeben und muss durch einen Mehrverbrauch an Brennstoff gedeckt werden; denn wie in der Nähe eines Stubenofens findet an den Thüren ein steter Luftwechsel statt, die erwärmten Luftschichten steigen empor und machen kälteren Platz, welche aufs neue Wärme entziehen. Aus diesem Grunde ist die Anwendung hohler Thüren zu empfehlen, aus zwei Lagen dünnen Eisenblechs gebildet, welche an den Rändern durch eingelegtes rings herumlaufendes U-Eisen oder Doppelt T-Eisen zu einem Ganzen verbunden sind. Der Abstand beider Blechschichten von einander kann 40 bis 50 mm betragen, der innere Hohlraum der Thür kann leer bleiben oder, besser noch, mit Schlackenwolle ausgefüllt werden [1]). Durch eine derartige Einrichtung wird der Wärmeverlust in erwünschter Weise beschränkt, und die höheren Anfertigungskosten solcher Hohlthüren werden jedenfalls bald durch die gemachten Ersparnisse an Brennstoff gedeckt sein.

Für die Feuerung dient ein in der Kammer selbst oder doch in deren unmittelbaren Nähe befindlicher Rost, welcher gemäss der verschiedenen Beschaffenheit des zur Verwendung bestimmten Brennstoffs Planrost oder Treppenrost sein kann. Hinsichtlich der Anordnung des Rostes in den Kammern mit unmittelbarer Heizung ist zu beachten, dass die erwärmten Luftschichten nach oben steigen, die Sohle der Kammer also kalt bleiben würde, wenn der Rost höher als diese zu liegen käme; ferner, dass die Einwirkung strahlender Wärme auf die Gussformen und Kerne nach Möglichkeit vermieden werden muss, weil durch diese gar leicht eine teilweise Zersetzung des Formmaterials herbeigeführt wird, durch welche es mürbe, zum Zerfallen geneigt wird. Je magerer das Formmaterial ist, desto leichter tritt dieser Vorgang ein. Wo es angeht, legt man deshalb den Rost noch etwas tiefer als die

[1]) Die Wärmeleitungsfähigkeit der Schlackenwolle ist nach C. E. Emerys Versuchen fünf- bis sechsmal geringer als die der Luft. Engineering and Mining Journal, Band 32, S. 219; Oestr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 1881, S 615.

Trockenkammersohle und schützt auch wohl, wo jene Einwirkung der Wärmestrahlung zu fürchten ist, die Gussformen durch eine um den Rost herumgezogene Mauer mit zahlreichen Durchbrechungen, durch welche die Gase in die Kammer eintreten können. Um die Erwärmung des Bodens noch mehr zu befördern, legt man die Abzugsöffnungen für die Gase ebenfalls in die Sohle und führt bisweilen die Gase nach der Esse durch Kanäle, welche unter dem Boden der Kammer hinziehen und häufig nur durch Eisenplatten abgedeckt sind. Meistens verlegt man den Rost an die Rückwand der Kammer und die Abzugsöffnungen in die Nähe der Thür, weil durch diese Anordnung der Platz in der Kammer am wenigsten beengt wird; mitunter findet man jedoch auch die umgekehrte Anordnung.

Der Rost ist durch eine Feuerthür von aussen her zugänglich, damit man im stande ist, frischen Brennstoff nachzufüllen, auch während die Kammer geschlossen ist; nicht empfehlenswert ist die in manchen Giessereien getroffene Einrichtung, bei welcher die Feuerthür fehlt, der Rost, ehe die Kammer geschlossen wird, angefeuert und in einem Male mit soviel Brennstoff gefüllt wird, als erfahrungsmässig zum Trocknen notwendig ist,

Die Grösse der Rostfläche muss von dem Rauminhalte der Kammer abhängig sein. Je grösser die Rostfläche im Verhältnisse zu der Grösse der Kammer ist, desto rascher ist man zwar im stande, eine hohe Temperatur in der Kammer zu entwickeln, aber desto heisser verlassen auch die in reichlicherer Menge entwickelten Gase die Kammer (oder die Heizröhren), desto weniger günstig wird der Brennstoff ausgenutzt. Eine zu geringe Grösse des Rostes dagegen würde zur Folge haben, dass die Erwärmung der Kammer ungleichförmig oder zu niedrig ausfiele, und dass die Zeitdauer der Trocknung über Gebühr hinaus verlängert werden müsste, die Ausnutzung der Kammer also ungünstig wäre.

Mit der zum Trocknen erforderlichen Temperatur muss unter übrigens gleichen Verhältnissen die Grösse der Rostfläche zunehmen; Kammern für Stahlgussformen erfordern daher etwas grössere Rostflächen als solche für Eisengussformen.

Bei Anwendung von Koks als Brennstoff kann man folgende Werte für die Ermittelung einer zweckmässigen Grösse des Rostes annehmen:

Für 100 cbm Rauminhalt der Kammer beträgt die gesamte Rostfläche:

Bei Kammern mit mehr als 100 cbm Inhalt 0,6 bis 0,8 qm,
bei Kammern mit 25 bis 100 cbm Inhalt 0,8 bis 1 qm,
bei Kammern mit weniger als 25 cbm Rauminhalt 1 bis 2 qm.

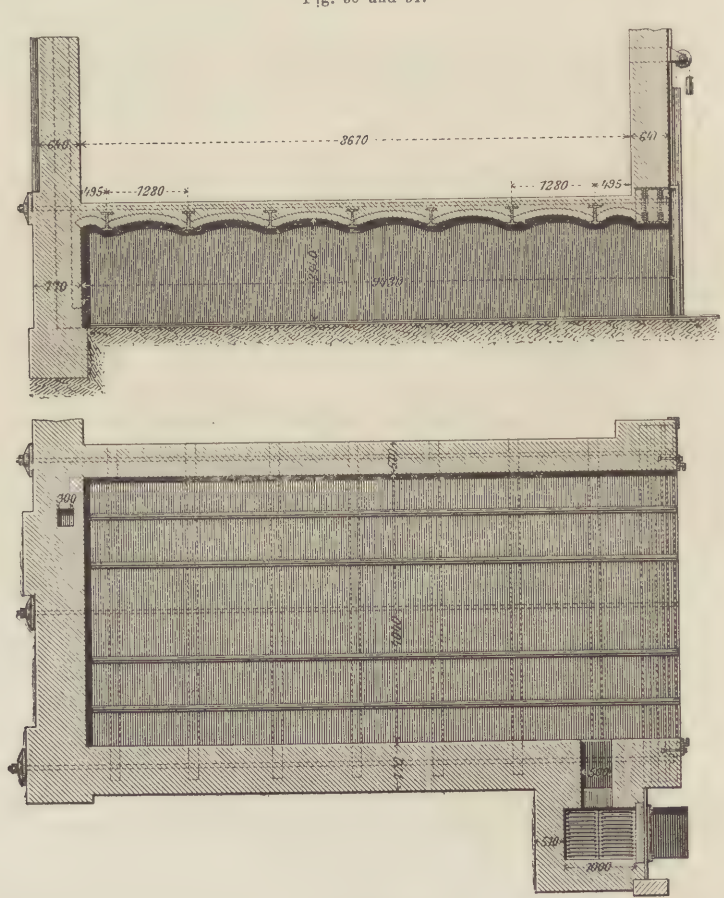
Für den Gesamtquerschnitt der Abzugsöffnungen bei unmittelbarer Heizung kann man 0,5 der gesamten Rostfläche rechnen, bei starkem Essenzuge noch weniger (bei manchen Trockenkammern findet man für diesen Querschnitt nur 0,1 der gesamten Rostfläche). Weite Abzugsöffnungen in Verbindung mit kräftigem Essenzuge befördern zwar die Lebhaftigkeit der Verbrennung und dadurch die Entstehung einer hohen Temperatur, beschleunigen also die Trocknung, gestatten aber eben deshalb den Gasen ein weniger langes Verweilen in der Kammer und führen sie heisser zur Esse. Da sich die Grösse dieser Oeffnungen

leicht verändern lässt, so ist es ratsam, durch Versuche den für die Trocknung geeignetsten Querschnitt in jedem einzelnen Falle zu ermitteln.

Gewöhnlich legt man in Rücksicht auf die gleichmässigere Verteilung der Wärme zwei solcher Abzugsöffnungen in entsprechendem Abstande von einander an und vereinigt die entweichenden Gase ausserhalb der Kammer in einem für sämtliche Trockenkammern gemeinschaftlichen Essenkanale. Dass die Anbringung von Schiebern, welche von aussen zugänglich sein müssen, zur Absperrung des Zuges in den einzelnen Kanälen zur Ersparung von Brennstoff beitragen könne, wurde schon oben erwähnt.

Der gemeinschaftlichen Esse gebe man einen Querschnitt gleich $1/6$ bis $1/8$ der gesamten Rostfläche sämtlicher Kammern und eine Höhe von etwa 15 m.


Fig. 50 und 51.

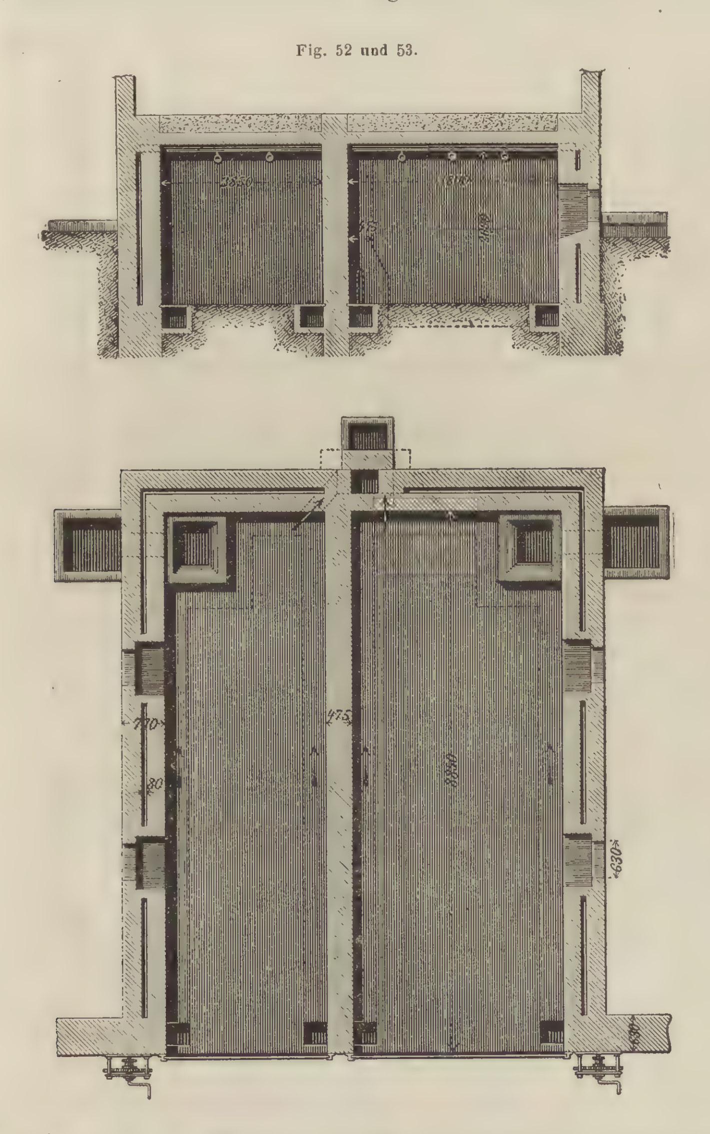


c) Beispiele.

Eine einfach eingerichtete, grosse Trockenkammer einer rheinischen Eisengiesserei ist in Fig. 50 und 51 abgebildet. Sie ist vorzugsweise

zur Trocknung grosser Lehmgussstücke bestimmt, deren Anfertigung in der Kammer selbst vorgenommen wird, um das öftere Hinein- und Hinausbringen zu ersparen. Aus diesem Grunde ist die Einrichtung der Kammer weniger darauf berechnet, mit möglichst geringem Brennstoffaufwande zu arbeiten, als vielmehr das Arbeiten innerhalb der Kammer zu erleichtern und den Platz nach Möglichkeit auszunutzen. Die Feue-

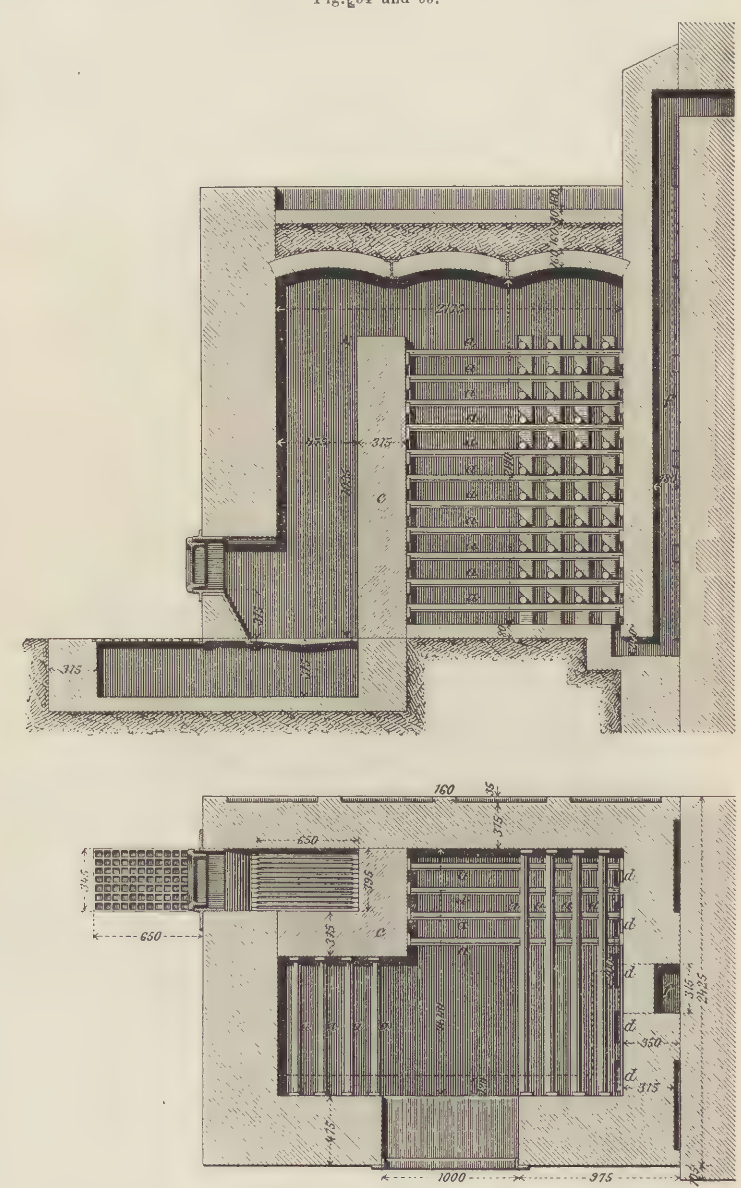
Fig. 52 und 53.



-rung liegt vorn am Eingange; die Verbrennungsgase entweichen am Ende der Kammer durch den in Fig. 50 durch Punkte gezeichneten Kanal in die unmittelbar dahinter stehende Esse.

Die Abbildungen Fig. 52 und 53 zeigen die Einrichtung zweier Trockenkammern einer Wiener Giesserei. Ihre äusseren Wände sind

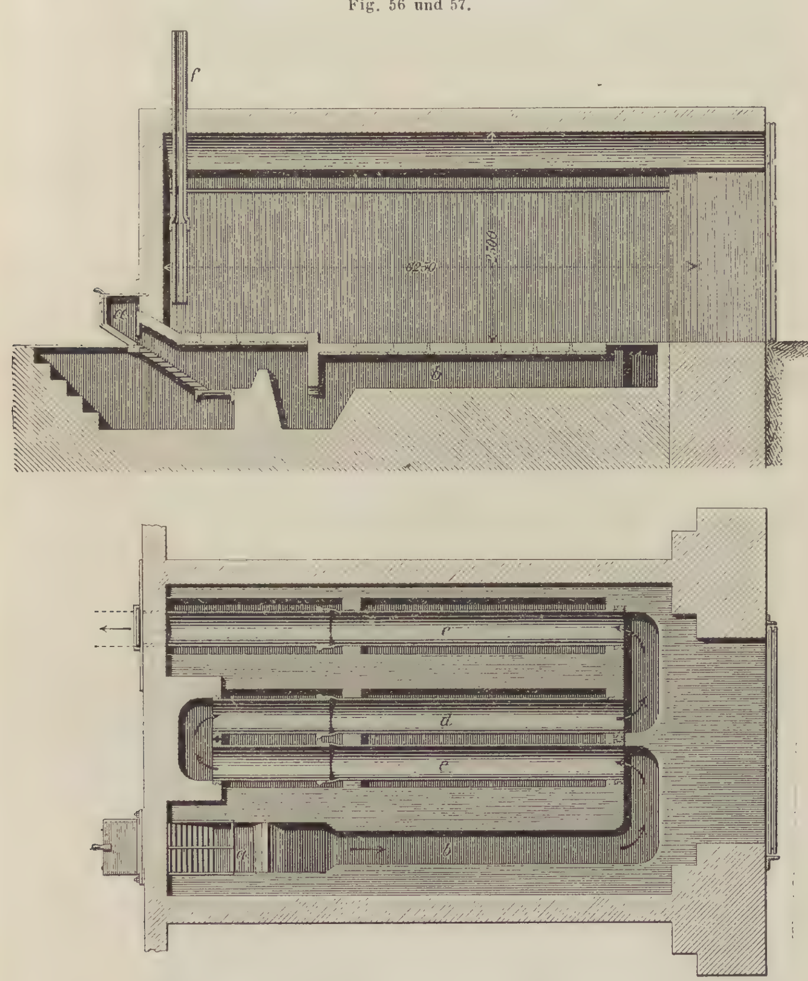
Fig. 54 und 55.



doppelt mit einer Luftschicht dazwischen, die Längswände sind mit je zwei Fensteröffnungen versehen, welche während des Trocknens durch

eiserne Laden von innen verschlossen werden, am Tage aber eine genügende Beleuchtung gewähren, um die Vornahme von Arbeiten innerhalb der Kammer zu ermöglichen. Die Feuerung liegt am Ende der Kammer und zwar 0,5 m tiefer als die Sohle der Kammer; die Verbrennungsgase treten unmittelbar hinter der Thür in je zwei durch Gusseisenplatte abgedeckten Bodenkanäle, in welchen sie wieder an das Ende der Kammer geführt werden, um von hier in eine für beide Kammern gemeinschaftliche Esse zu entweichen. In Fig. 53 ist die

Fig. 56 und 57.



Richtung der Kanäle durch Linien in Punkten bezeichnet. Neben den Thüröffnungen gewahrt man in Fig. 53 je eine Winde zum Emporziehen der eisernen Thüren bestimmt.

Aehnlich wie die hier abgebildeten Kammern sind die meisten zum Trocknen grösserer Gussformen bestimmten Kammern eingerichtet. Sollen sie dagegen nur zum Trocknen kleiner Gegenstände dienen, welche mit der Hand sich hinein- und hinausbringen lassen, so kann ihre Einrichtung diesem Zweck besonders angepasst werden. Als ein Beispiel hierfür kann die in Fig. 54 und 55 abgebildete Trockenkammer dienen. Der Feuerungsraum ist hier durch eine senkrechte Wand von dem Trockenraume geschieden, um die eingesetzten Gussformen und Kerne vor der strahlenden Hitze zu schützen. Die Verbrennungsgase ziehen im Heizraume abwärts, um an dessen Sohle nach der Esse zu entweichen. Die Thür ist zur Vermeidung unnötiger Wärmeverluste nur eben so breit bemessen, dass das Einbringen der zu trocknenden Gegenstände möglich ist; letztere werden von eisernen Stäben a a getragen.

Die Einrichtung einer Trockenkammer mit Röhrenheizung ist durch die Abbildungen Fig. 56 und 57 veranschaulicht (Trockenkammer zum Kerntrocknen einer mitteldeutschen Röhrengiesserei). Als Brennstoff wird Torf verwendet. Von dem Treppenroste a ziehen die Verbrennungsgase zunächst durch den mit feuerfesten Ziegeln abgedeckten Bodenkanal b, dann in der Richtung der Pfeile durch die gusseisernen, 350 mm weiten Röhren c, d, e, welche frei in Vertiefungen des Bodens liegen und untereinander durch Kanäle verbunden sind, wie die Abbildungen erkennen lassen. Damit sie sich, ohne zu reissen, frei ausdehnen und zusammenziehen können, ruhen ihre Enden in eingemauerten Gusseisenringen. Ein Schieber am Ausgange des Rohrs e (Fig. 57) dient zur Regelung des Zuges und zur Absperrung nach Beendigung des Feuerns. Die Wasserdämpfe können durch das Rohr f aus der Kammer entweichen; zur Zuführung frischer Luft dient ein kleines, in den Abbildungen nicht sichtbares Rohr, welches in der Bodenvertiefung zwischen den Röhren c und d mündet. Die Einrichtung hat sich gut bewährt.

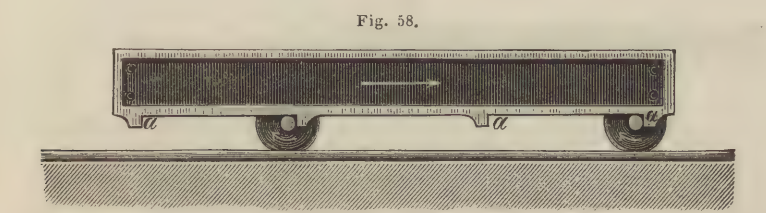
d) Zubehör zu den Trockenkammern.

Da eine Trockenkammer und die zu ihrer Heizung entwickelte Wärme um so vorteilhafter ausgenutzt wird, je mehr Gegenstände mit einem Male zur Trocknung eingesetzt werden, sind häufig Vorkehrungen erforderlich, welche eine Anordnung der Gegenstände unter möglichst geringer Beengung des Raums gestatten. Für die Aufstellung kleinerer Gussformen und Kerne kann man an den Längswänden der Kammer in entsprechenden Abständen voneinander und übereinander Kragstücke anbringen, welche bis fast zur Mitte der Kammer reichen und durch aufgelegte Eisenstäbe untereinander verbunden werden. Solcherart entstehen Horden übereinander, zwischen welchen den Gasen unbehinderter Durchzug gestattet ist, und zwischen beiden Hordenreihen bleibt nur ein schmaler Durchgang zum Ein- und Ausbringen.

Für grosse und schwere Gegenstände ist jedoch eine solche Einrichtung nicht anwendbar. Man bedient sich für ihre Aufstellung eiserner Wagen, welche auf Schienen laufen (in der Abbildung Fig. 51 sind diese für die Räder der Trockenkammerwagen bestimmten Schienen erkennbar), ausserhalb der Kammer — nötigenfalls mit Hilfe eines Krahns — beladen werden und mit den zu trocknenden Gussformen

oder Kernen in der Kammer verbleiben. Die Einrichtung dieser Wagen kann sehr einfach sein: ein gusseiserner oder schmiedeiserner Rahmen von rechteckiger Form, nötigenfalls durch Querwände versteift, wird von zwei Achsen mit niedrigen Rädern getragen. Die Länge des Wagens entspricht annähernd der Länge der Trockenkammer, oder, wenn letztere bedeutend ist, stellt man zwei Wagen von halber Länge hintereinander ein; die Breite des Wagens muss etwas geringer sein als diejenige der Thür und lässt sich auch nötigenfalls durch aufgelegte eiserne Querstäbe ohne Schwierigkeit vergrössern. Die Räder dürfen nicht über die Oberkante des Wagens hinausragen, damit nicht ihre Drehung durch Gegenstände auf dem Wagen gehemmt werde. Die Zapfen der Radachsen drehen sich bisweilen in offenen Lagern, welche unter die Seitenwände des Wagens geschraubt sind; die Zapfenreibung ist aber in diesem Falle beträchtlich, da wegen der Hitze in der Trockenkammer ein Schmieren mit Fett unmöglich ist und sich bald eine Menge Russ und Staub an den Zapfen ansetzt. Zweckmässiger ist daher die in Fig. 58 abgebildete Einrichtung eines Trockenwagens,

Fig. 58.



bei welcher die gleitende Reibung der Zapfen in eine rollende Reibung verwandelt worden ist. Der Rahmen des Wagens rollt hier auf den Radachsen; damit er aber nicht unversehens bei zu grosser Länge des zurückgelegten Weges abgleite oder aufkippe, wenn der Schwerpunkt ausserhalb der Achsen zu liegen käme, ist die durch Rollen zurückzulegende Bahn durch angeschraubte oder angegossene Nasen a a begrenzt. Aus der Länge des vom Wagen zurückzulegenden Weges, dem Durchmesser der Räder und der Zapfen lässt sich der erforderliche Abstand zweier Nasen voneinander berechnen. Es sei A die Länge des Weges, a der gesuchte Abstand der Nasen, D der Durchmesser der Räder, d der Durchmesser der Zapfen, so ist

$$a : A = d : D$$

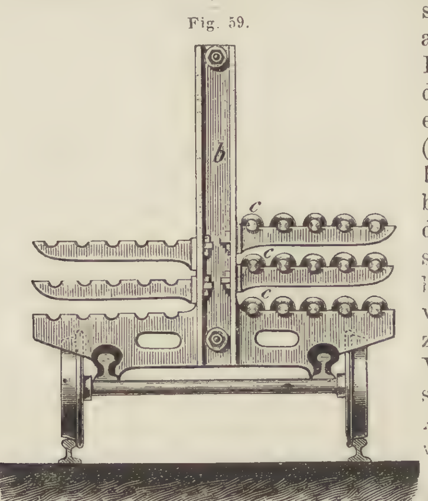
$$a = \frac{A\,d}{D}$$

d. h. je grösser der Raddurchmesser im Verhältnisse zum Zapfendurchmesser ist, desto geringer kann der Abstand zweier Nasen voneinander sein, desto geringer ist mithin die Gefahr für ein Aufkippen des Wagens. Die Bewegung eines solchen Wagens auf eine grössere Strecke als der eigentlichen Laufbahn entspricht, ist nicht ausgeschlossen, nur tritt dann wieder die gleitende Reibung der Zapfen an dem Rahmen und den Nasen ein, und die Fortbewegung wird schwieriger.

Soll der Trockenwagen regelmässig für die gleichen Gegenstände

benutzt werden, so lässt er sich mit Einrichtungen versehen, welche die Auflagerung einer grösseren Zahl derselben erleichtern. Als ein Beispiel hierfür kann der in Fig. 59 abgebildete, zum Trocknen von Röhrenkernen bestimmte Wagen dienen. An jeder der beiden gusseisernen Giebelwände des Wagens (die Längswände bestehen nur aus Eisenbahnschienen, wie die Abbildung erkennen lässt) ist zu diesem Ende eine Stütze b angeschraubt, von welcher aus nach beiden Seiten hin eine Anzahl wagerechter Arme abgezweigt sind, zum Tragen der Kerne dienend. Wie die Abbildung ergibt, lassen sich die Arme in verschiedenen Abständen voneinander anbringen, wie es der Durchmesser der Kerne erfordert. Die Oberkanten der Arme sind mit halbkreisförmigen Einschnitten versehen, damit die aufgelagerten Kernspindeln nicht abrollen können. c c c sind einzelne Kerne, von denen eine grosse Zahl sich auf einem einzigen Wagen unterbringen lässt.

Fig. 59.



B. Sonstige Trocknungsvorrichtungen.

Obwohl die Trockenkammer für die grössere Zahl der in den Giessereien zu trocknenden Gegenstände die geeignetste Trocknungsvorrichtung bildet, kommen doch Fälle vor, wo sie entweder gar nicht anwendbar ist oder wo ihre Benutzung anderen Trocknungsverfahren an Zweckmässigkeit nachstehen würde. Wenn z. B. Gussformen von solchem Umfange und Gewichte hergestellt werden, dass sie nicht in die vorhandenen Trockenkammern hineinpassen oder nicht mit den vorhandenen Hebe- und Fortbewegungsvorrichtungen bewegt werden können, muss die Trocknung in anderer Weise bewirkt werden, ebenso, wenn eine Beschädigung durch die Fortbewegung zu befürchten ist. Man fertigt und trocknet die Gussformen dann an derselben Stelle, wo sie später abgegossen werden sollen. Ebenso kann es bei Gegenständen, welche massenhaft als Sondererzeugnis gefertigt werden und geringer Zeit zur Trocknung bedürfen, zur Zeitersparung und deshalb Ermässigung der Herstellungskosten beitragen, wenn die Gussformen an Ort und Stelle mit Hilfe besonders dazu angelegter Vorrichtungen getrocknet werden, statt sie für die Trocknung in die Kammer und wieder hinaus zu schaffen, welcher Fall, z. B. in Röhrengiessereien regelmässig vorkommt.

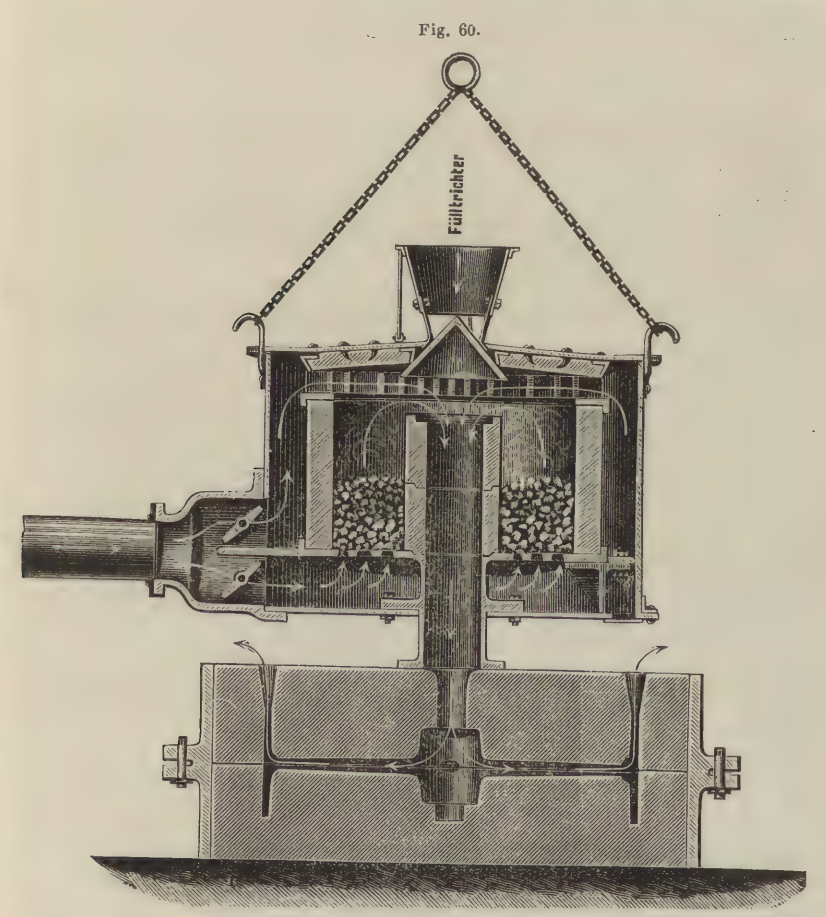
Des einfachen, aber in seiner Wirkung sehr unvollkommenen Kohlenfeuers als Trocknungsmittel, welches auf Rosten rings um die Gussform oder — bei hohlen Gussformen — innerhalb derselben angezündet wird, wenn kein anderes Hilfsmittel zur Verfügung steht, ist schon früher

gedacht worden. Zweckmässiger sind cylindrische Eisenkörbe, aus Eisenstäben zusammengenietet, welche mit glühenden Holzkohlen oder Koks gefüllt und in die Nähe der zu trocknenden Stellen gehängt werden; aber auch dieses Verfahren ist sehr unvollkommen, und die Wärmeverluste sind erheblich.

Zum Trocknen von Röhrengussformen benutzt man bisweilen fahrbare Oefchen, welche unter die Gussformen gestellt werden, und deren Verbrennungsgase in der Gussform emporsteigen.

Eine in neuerer Zeit zum Trocknen grösserer Gussformen für Eisenguss häufig angewendete Vorrichtung besteht in einem geschlossenen, mit Koks gefüllten und mit Gebläsewind betriebenen Feuertopfe; durch einen Rohrstutzen tritt der Gebläsewind, welcher mit Hilfe eines Schlauches zugeführt werden kann, ein, durch einen zweiten, gewöhnlich am Boden des Topfes befindlichen Rohrstutzen treten die heissen

Fig. 60.



Verbrennungsgase aus, um in die Gussform geleitet zu werden. Die Abbildung Fig. 60 zeigt einen solchen von der Wilhelmshütte in Walden-

burg (Schlesien) gefertigten Trockenofen [1]). Der von links eintretende Wind teilt sich; ein Teil steigt zwischen dem äusseren Mantel und der Wand des inneren Feuerungsraums empor, um hier durch letztere erwärmt zu werden, ein anderer Teil tritt durch den Rost in den Feuerungsraum und verbrennt die hier befindlichen Koks. Die gebildeten Feuerungsgase mischen sich oberhalb des Feuerungsraums mit der erwärmten Luft und strömen mit dieser in die Gussform. Durch entsprechende Stellung der beiden Windklappen lässt sich eine Regelung der Temperatur bewirken.

Man stellt diese Trockenöfen unmittelbar, wie in der Abbildung, auf die zusammengestellte Gussform und lässt die heissen Gase durch eine Oeffnung an geeigneter Stelle in die Gussform eintreten. Die Vorrichtung gewährt nicht allein den Vorteil, dass die Gussform an ihrem Platze bleiben kann, sofern man den Wind durch eine bewegliche Leitung zuführt, sondern dass auch die Zeitdauer des Trocknens wesentlich abgekürzt wird. Allerdings trocknen nur die inneren Teile der Form vollständig aus; aber das genügt meistens, sofern der Guss bald nach dem Trocknen stattfinden kann, ehe die in den äusseren Teilen noch befindliche Feuchtigkeit nach den inneren Teilen wieder vorzudringen vermag. In Giessereien, wo das Verfahren häufig zur Anwendung kommt, legt man Rohrleitungen für den Wind an den Wänden oder den zum Tragen des Daches dienenden Säulen entlang und versieht sie in der Nähe der Arbeitsplätze mit Schlauchstutzen, um die bequeme Zuführung des Windes an verschiedenen Stellen zu ermöglichen.

In ähnlicher Weise benutzt man, wo Brenngas zur Verfügung steht, dieses zum Trocknen der Gussformen, indem man es in Rohrleitungen nach der Gussform führt, hier durch eine Düse ausströmen und durch die zutretende Luft verbrennen lässt [2]). In umfangreichem Masse wird dieses Trocknen durch Gasflammen in manchen Röhrengiessereien ausgeführt; da die Röhrengussformen stets den nämlichen Platz behalten, kann eine festliegende (statt der beweglichen) Röhrenleitung für das Gas angewendet werden mit einem Ausflussstutzen unterhalb jeder Gussform, welcher durch eine einfache Vorrichtung geschlossen gehalten wird, so lange man des Gases nicht bedarf. Der Gaserzeuger muss mit Gebläsewind betrieben werden, da die Anwendung einer Esse in diesem Falle ausgeschlossen ist [3]).

Statt jene oben beschriebenen Oefchen anzuwenden, welche einzeln auf jede Gussform gesetzt werden, hat man vereinzelt die heissen Verbrennungsgasse von einer gemeinschaftlichen Feuerung aus durch bewegliche Rohrleitungen den verschiedenen Gussformen zugeleitet. Die Anlage beweglicher Rohrleitungen für heisse Gase ist jedoch weniger einfach als für kalten Wind; Wärmeverluste innerhalb der Leitung sind

---

[1]) D. R. P. Nr. 51214. Aehnliche Oefen sind seit 1882 in Königin-Marienhütte in Benutzung; auch in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1887, Seite 829, ist bereits ein fast ganz gleicher Ofen, welcher von Briegleb, Hansen & Komp in Gotha eingeführt wurde, abgebildet.

[2]) Abbildung einer solchen Einrichtung: Metallarbeiter 1885, S. 362.

[3]) Abbildungen von Gaserzeugern zum Trocknen von Röhren-Gussformen: A. Ledebur, Die Gasfeuerungen, Leipzig 1891, Seite 49; Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1886, S. 111.

unvermeidlich. Das Verfahren ist daher weniger gut geeignet als die Benutzung einzelner Oefen.

Aehnlichen Schwierigkeiten begegnet die hier oder da eingeführte Anwendung erhitzten Gebläsewindes zum Trocknen, welcher in die Gussformen geleitet wird. An und für sich würde heisse trockene Luft ein vorzügliches Trocknungsmittel sein; aber ihre Erzeugung erfordert kostspielige und der Beschädigung häufig unterworfene Erhitzungsvorrichtungen, und die Fortleitung ist nicht ohne Wärmeverluste zu bewirken. Daher ist auch dieses Verfahren nur sehr vereinzelt geblieben[1]).

IV. Die Dammgruben.

Man versteht unter der Benennung „Dammgrube" eine vor der Feuchtigkeit des Erdreichs geschützte Vertiefung von cylindrischer oder prismatischer Form in dem Boden des Giessraums. Sie dient beim Giessen zur Aufnahme teils solcher Gussformen, welche wegen einer beträchtlichen Höhe sich nicht gut abgiessen lassen würden, wenn man sie auf ebener Erde aufstellte, teils auch solcher, welche in Sand eingegraben werden müssen, um vor dem Auseinandertreiben durch den Druck des flüssigen Metalls geschützt zu sein. Jede grössere Giesserei pflegt deshalb mindestens eine Dammgrube, häufig auch mehrere von verschiedener Grösse zu besitzen. Sofern die Dammgrube vorwiegend für den zuletzt erwähnten Zweck, d. h. zum Eingraben von Gussformen, bestimmt ist, gibt man ihr cylindrische Form, welche dem Drucke des Erdreichs am besten Widerstand leistet, und gewöhnlich einen Durchmesser von 3 bis 4 m bei etwa 4 m Tiefe; soll sie dagegen nur zum Einhängen solcher Gussformen dienen, welche ohnehin genug Festigkeit besitzen, um des Eingrabens nicht zu bedürfen (Kastengussformen), welcher Fall vorzugsweise in Giessereien für bestimmte Einzelgattungen von Gusswaren vorkommt (z. B. Röhren, Dampfcylinder für Lokomotiven u. a.), so kann eine rechteckige Grundform zweckmässig sein, wobei man die Abmessungen der Dammgrube in Höhe, Länge und Breite den Abmessungen der einzuhängenden Gussformen entsprechend wählt.

Als Material für den Dammgrubenmantel, d. h. für die Umfassung der Grube, welche sie sowohl vor dem Nachstürzen des Erdreichs als auch vor dem Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen hat, benutzt man bei cylindrischen Dammgruben gewöhnlich Eisenblech oder Mauerung, bei prismatischen mitunter Gusseisen. Cylindrische Mäntel aus Eisenblech von 10 bis 15 mm Stärke sind am billigsten herzustellen, aber bei feuchtem und lockerem Erdreiche dem Rosten unterworfen, besonders wenn das Grundwasser saure Beschaffenheit besitzt. Keinesfalls darf man deshalb versäumen, die schmiedeisernen Mäntel, ehe sie in die Erde kommen, mit einem mehrmals wiederholten Anstriche aus heissem eingedicktem Teere (Asphalt) zu versehen, und zwar innen und aussen.

---

[1]) Eine verhältnismässig einfache Einrichtung zum Trocknen mit heisser Luft ist abgebildet und beschrieben in Dinglers Polytechn. Journal, Bd. 196, S. 502.

Die Herstellung diesser Mäntel geschieht durch Vernietung der Blechtafeln wie bei der Dampfkesselanfertigung, dem Boden gibt man zweckmässigerweise konkave Form.

Kostspieliger sind gemauerte Dammgruben; aber sie sind, wenn man sie mit Cement in gutem Verbande mauert, unverwüstlich. Ihr Boden kann aus einer Betonschicht bestehen, welche mit Gusseisenplatten abgedeckt ist; auf dieser ruht der eigentliche Mantel und eine Lage Cement innerhalb desselben über den Gusseisenplatten dient dazu, die vollständige Dichtung zwischen Boden und Mantel herzustellen.

Bei Benutzung von Gusseisen (für prismatische Gruben) verschraubt man den Mantel aus einzelnen Platten mit angegossenen, nach innen vorstehenden Rändern und verdichtet die Fugen durch Einstemmen eines geeigneten Stoffs. Geteerter Hanf und darüber gegossenes Blei, welches dann, wie beim Dichten von Wasserleitungsröhren, noch mit dem Meissel eingetrieben wird, auch Holzstückchen, welche eins neben dem anderen eingetrieben werden, sind ganz geeignet dazu.

Vollständige Dichtigkeit der Dammgrubenmäntel gegen eindringende Feuchtigkeit ist besonders dann notwendig, wenn die Gussformen innerhalb der Dammgrube in Sand eingegraben werden sollen. Ist der Mantel durchlässig, so wird nicht nur der Sand, sondern allmählich auch die Gussform, welche nicht selten 12 Stunden oder länger im Sande steckt, ehe das Giessen vor sich gehen kann, von Feuchtigkeit durchzogen, Wasserdämpfe entwickeln sich beim Giessen, und ein Misslingen des Gusses, wenn nicht eine Explosion, ist die Folge davon.

Eine keineswegs leichte Arbeit ist das Einbringen der Dammgrubenmäntel in das Erdreich; ihre Schwierigkeit wächst mit der Tiefe der Dammgrube und der Menge des Grundwassers. Zuerst gräbt man eine Oeffnung, weit genug, um das Einlassen des Mantels zu ermöglichen. Zeigt sich hierbei, wie es gar häufig der Fall ist, Grundwasser in solcher Menge, dass das Erdreich rings um die Grube her durch den Andrang des Wassers in diese hineingewaschen wird, ihre weitere Vertiefung erschwerend, oder dass überhaupt das Arbeiten in der Grube durch das sich ansammelnde Wasser unmöglich gemacht wird, so ist man gezwungen, zur Beseitigung dieses Uebelstandes rings um die Grube her aus eingerammten Pfählen und Bohlen eine Spundwand von solcher Tiefe aufzuführen, dass auch nach vollständiger Ausschachtung das Nachstürzen des Erdreichs von aussen in die Grube unmöglich gemacht ist. Durch aufgestellte Pumpen muss nun das innerhalb der Spundwand sich sammelnde Wasser ununterbrochen entfernt werden. Ist in dieser Weise die Oeffnung frei gelegt, so folgt das Einlassen des Mantels. Schmiedeiserne Mäntel von nicht aussergewöhnlicher Grösse pflegt man im Ganzen, nachdem sie zuvor fertig zusammengearbeitet waren, mit Hilfe eines Krahns oder einer besonders dazu aufgestellten Winde in die Grube einzulassen; sehr grosse setzt man wohl aus einzelnen Ringen zusammen, welche in der Grube selbst unter sich verschraubt oder vernietet werden. Ebenso setzt man gusseiserne Mäntel am besten erst in der Grube aus den einzelnen Platten zusammen und verdichtet sie dann, wie oben beschrieben wurde, teils wegen ihres

grösseren Gewichts, teils auch, weil bei dem Einlassen des ganzen Mantels die Verdichtung leicht Schaden nehmen könnte. Gemauerte Dammgrubenmäntel führt man am besten in der Grube selbst auf.

Ist nun der Mantel an Ort und Stelle gebracht, so muss man, ehe man das Auspumpen des Grundwassers einstellt, erwägen, ob auch nicht das Gewicht des Mantels kleiner als dasjenige des durch ihn verdrängten Grundwassers sei, weil sonst der Mantel gehoben werden und schwimmen, die ganze kostspielige Arbeit also vergeblich gewesen sein würde. Für jeden Centimeter Höhe, um welchen das Grundwasser höher steht als der Boden der Dammgrube, beträgt das Gewicht des vom Mantel verdrängten Wassers auf je einen Quadratmeter Grundfläche des letzteren 10 kg. Hat man z. B. einen Dammgrubenmantel von 3 m Durchmesser, also 9 qm Grundfläche, und das Grundwasser steht in der Grube 2 m hoch, so wäre der von dem letzteren ausgeübte Druck $7 \times 200 \times 10 = 14000$ kg, und wenn das Gewicht des Dammgrubenmantels 4000 kg beträgt, so würde dieser mit dem mächtigen Drucke von $14000 - 4000$, d. i. 10000 kg emporgehoben werden. Jedenfalls muss also, wenn ein solcher Auftrieb vorhanden ist, der Dammgrubenmantel durch Roheisenstücke oder dergl. ausreichend belastet werden, ehe man die Pumpen ausser Thätigkeit setzt. Ist später der Mantel mit Erdreich umstampft, so wird durch die Reibung allerdings ein Teil des Auftriebes ausgeglichen: bei starkem Auftriebe aber ist es immerhin geboten, noch besondere Vorkehrungen zur Verhinderung des Emporhebens zn treffen. Eingerammte Pfähle, an denen man den Mantel verankert, ein unten herumgelegter und befestigter Ring von entsprechender Breite, welcher mit dem darüber aufgeschütteten Erdreiche belastet wird, oder ähnliche Mittel können für diesen Zweck benutzt werden.

V. Die Aufbereitungsmaschinen für Formmaterialien.

Die zur Herstellung von Gussformen und Kernen benutzten Materialien — Sand, Masse, Lehm, Steinkohle, Holzkohle u. a. m. —, welche im nächsten Abschnitte eine ausführlichere Besprechung finden werden, bedürfen in sehr vielen Fällen, bevor sie verwendet werden können, einer Aufbereitung, bestehend in einer Zerkleinerung, einer Vermischung mit anderen Körpern u. s. w. Die Ausführung dieser Arbeiten von Hand würde, wenn grössere Mengen von Formmaterialien aufzubereiten sind, kostspielig sein, und aus diesem Grunde findet man in den meisten Eisengiessereien Maschinen für diesen Zweck. Ihre Einrichtung ist ziemlich mannigfaltig und mitunter den örtlichen Verhältnissen angepasst; diejenigen, welche einer allgemeineren Anwendung sich erfreuen, sollen in folgendem besprochen werden.

1. Vorrichtungen für die grobe Zerkleinerung.

Obschon die meisten Formmaterialien bereits in einem feinstückigen Zustande gefunden werden, kommt doch auch der Fall vor, dass gröbere Stücke harter Körper einer vorbereitenden Zerkleinerung be-

dürfen, ehe sie zum eigentlichen Mahlen gelangen. Gewisse Sandsteinarten z. B. geben, wenn sie zu Pulver zermahlen sind, einen vortrefflichen Formsand, müssen aber, da sie in groben Stücken gebrochen werden, zunächst eine vorbereitende Zerkleinerung erleiden; Schmelztiegelscherben und gebrauchte Schamottsteine werden, insbesondere für Gussformen zum Giessen von Stahl, der frischen Masse zugesetzt und müssen in kleinere Stücke zerbrochen werden, u. s. f. Die für solche Zwecke benutzten Vorrichtungen sind ziemlich bekannt, da sie auch zur Aufbereitung anderer Materialien — insbesondere von Erzen — vielfache Verwendung finden.

Mitunter wird ein Pochwerk mit drei bis fünf leichten Pochstempeln aus Holz zur vorbereitenden Zerkleinerung von Formmaterialien benutzt. Die aus hartem Gusseisen oder Stahl gefertigten Pochschuhe (die unteren Enden der Stempel) lässt man, um Verluste an Formmaterial zu vermeiden, zweckmässigerweise innerhalb eines hölzernen Kastens mit gusseiserner Sohle arbeiten, dessen vordere Wand wie ein Schieber sich herausziehen lässt, wenn Füllung oder Entleerung stattfinden soll.

Steinbrechmaschinen, welche sich vor den Pochwerken durch grosse Leistungsfähigkeit auszeichnen, aber ein weniger stark zerkleintes Erzeugnis liefern, würden alsdann am Platze sein, wenn täglich sehr grosse Mengen von rohem Formmaterial zu zerkleineren wären, welcher Fall kaum häufig vorkommen wird. Wo aber ohnehin eine Steinbrechmaschine für andere Zwecke vorhanden ist (z. B. in Eisenwerken zur Zerkleinerung der Erze) lässt sie sich oft nebenbei auch zur ersten Zerkleinerung der Formmaterialien mit bestem Erfolge benutzen.

2. Vorrichtungen zum Mahlen, sowie zum Mahlen und Mischen.

Man mahlt Sand, Steinkohle, Holzkohle, um sie in Pulver zu verwandeln; ferner Lehm, um gröbere eingemengte Körner zu zerkleinern, und man verbindet in dem letzteren Falle mit dem Mahlen nicht selten eine mechanische Vermischung des Lehms mit Zusätzen, welche ihm erst die Fähigkeit verleihen, als Formmaterial zu dienen (vorzugsweise Pferdedünger).

Die Trommeln.

Diese sehr einfachen Vorrichtungen, welche man auch Sand- oder Kohlenmühlen nennt, dienen zum Mahlen von trockenem Sande, Steinkohlen, Holzkohlen. Sie bestehen aus einem um eine wagerechte Achse sich drehenden, gewöhnlich cylinderförmigem Gefässe aus Gusseisen, in welchem ein freilaufender Gusseisenkörper, auch wohl mehrere dergleichen, eingeschlossen ist, um während des Drehens den eingebrachten Stoff zn zermahlen. In Fig. 61 und 62 ist eine solche „Mühle" abgebildet [1]). A ist die Trommel, aus einem cylindrischen Mantel mit angeschraubten Stirnplatten bestehend. An jeder der beiden Stirnplatten ist ein Zapfen angegossen, und beide Zapfen laufen in Lagern,

[1]) Von der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz gebaut.

welche sich in gusseisernen, zum Tragen des Ganzen bestimmten Lagerböcken befinden. Der linke Zapfen trägt auf einer entsprechenden Verlängerung zwei Riemenscheiben (Fest- und Losscheibe), deren eine die Bewegung von einer Vorgelegewelle aus auf die Trommel überträgt, während die andere eine Losscheibe ist und zur Aufnahme des

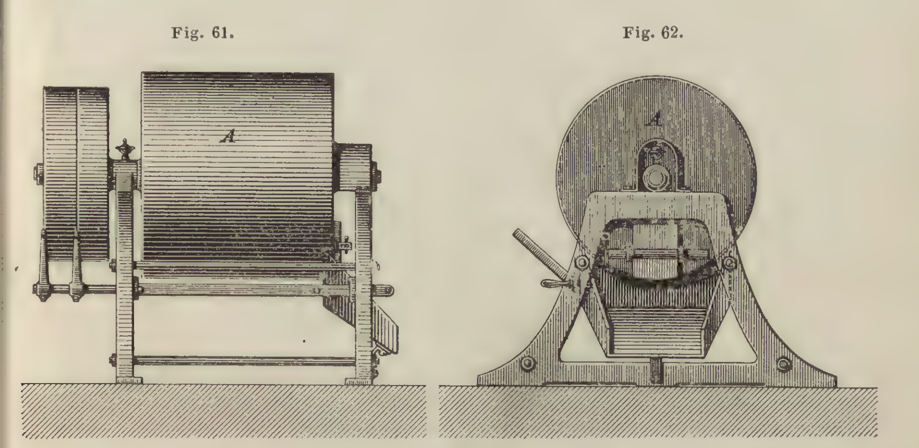


Fig. 61. Fig. 62.

Riemens dient, wenn die Trommel, um gefüllt oder entleert zu werden, vorübergehend zum Stillstehen gebracht werden soll. Zur Ausführung des Füllens und Entleerens dient eine Oeffnung in der rechtsseitigen Stirnplatte, welche während des Ganges durch einen Deckel verschlossen gehalten wird. Die Befestigung des Deckels geschieht in einfacher Weise mit Hilfe eines Riegels, wie in den Abbildungen erkennbar ist. Beim Füllen stellt man die Trommel so, dass die Oeffnung sich oben befindet, und schüttet die zu zerkleinernden Körper hinein; ein Blechschirm schützt das darunter befindliche Zapfenlager vor den vorbeifallenden Körpern. Soll entleert werden, so muss die Oeffnung sich unten befinden; entfernt man nun den Deckel, so fallen die gemahlenen Körper heraus und durch die schräge Rinne in ein bereit gestelltes Gefäss. Das Mahlen wird durch zwei Gusseisenwalzen besorgt, welche fast die ganze Länge der Trommel im Innern einnehmen und in ihr frei umlaufen, wenn sie gedreht wird. Eine Riemengabel mit Handgriff dient für Ein- und Ausrückung.

Statt der Gusseisenwalze zum Mahlen bedient man sich nicht selten eiserner harter Kugeln; auch hat man die Einrichtung der Mühlen in der Weise vervollkommnet, dass man mehrere konzentrische Trommeln in einander anbringt, in denen nach und nach die Zerkleinerung stattfindet. Die innere Trommel besteht aus breiten Stäben, zwischen welchen hindurch der gemahlene Stoff in die zweite Trommel fällt, welche aus gelochten Blechplatten gebildet ist; die äussere Trommel ist aus Drahtgewebe gefertigt und lässt das fertig gemahlene Gut in einen darunter angebrachten Trichter fallen.

Man gibt den Trommeln 0,6 bis 1,5 m Durchmesser bei 0,5 bis 1,3 m Länge. Als geeignete Umfangsgeschwindigkeit der Trommeln

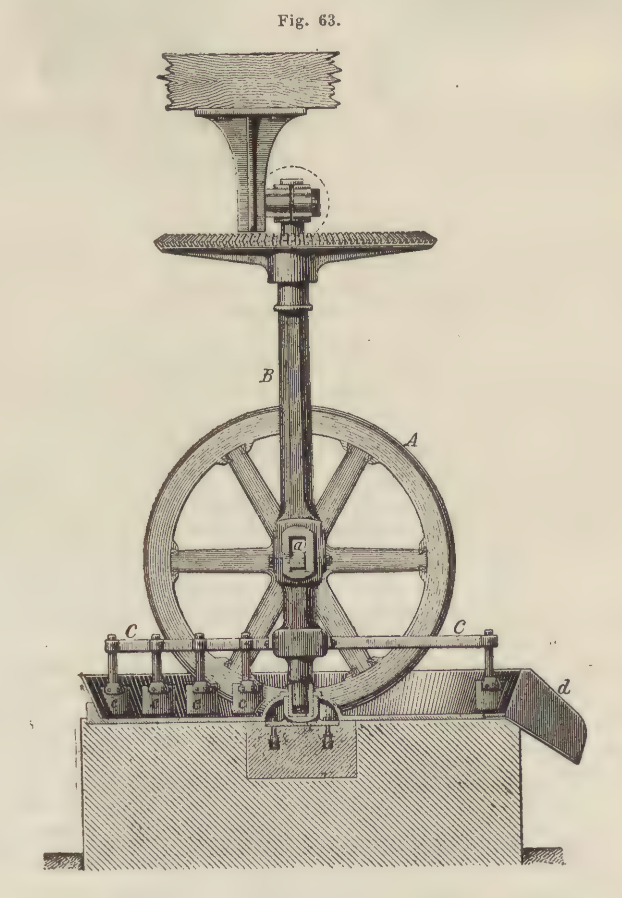
kann man 100 bis 120 m in der Minute rechnen, so dass man bei Durchmessern von 0,6 bis 1 m 40 bis 60 Umdrehungen in der Minute erhält. Bei allzu raschem Gange schleudern und stürzen die Walzen oder Kugeln, statt zu rollen, und die Zerkleinerung geht unregelmässig von statten.

Eine kleine Mühle der abgebildeten Art (Durchmesser der Trommel etwa 0,8 m) bedarf zum Betriebe eines Arbeitsaufwandes von ungefähr $^3/_4$ Pferdestärken; grössere Mühlen, insbesondere solche mit mehreren Trommeln in einander, erheischen 6 bis 10 Pferdestärken. Die stündliche Erzeugung beim Mahlen von Sand beträgt 250 bis 1000 kg oder noch etwas mehr, beim Mahlen von Steinkohle 40 bis 400 kg.

Die Kollergänge oder Kollermühlen.

Diese auch für andere Zwecke benutzten Vorrichtungen bestehen aus einem Paar gusseiserner oder stählerner, schmaler, aber im Durch-

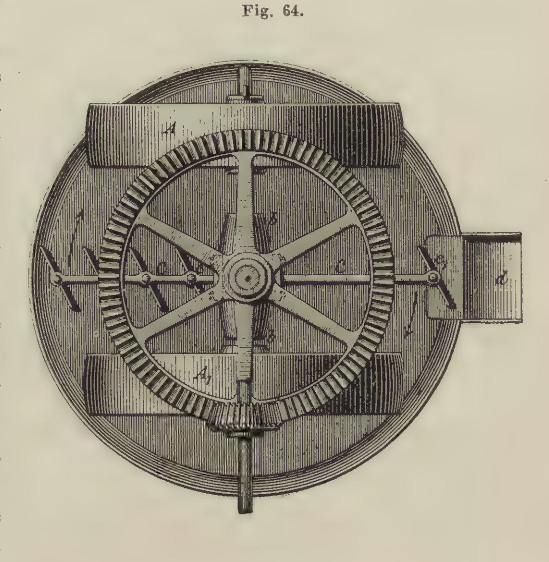
Fig. 63.



messer ziemlich grosser (0,5 bis 1,5 m) Walzen (Läufer) an einer wagerechten Achse, welche mit der letzteren um eine senkrechte

Drehungsachse, aber in verschiedenem Abstande von ihr, umlaufen, dabei die Körper zermahlend, über welche sie hinrollen. In Fig. 63 u. 64 ist ein solcher Kollergang abgebildet. A und A_1 sind die beiden Walzen, drehbar befestigt an der schmiedeisernen Achse a (Fig. 63), welche von der Gusseisenwelle B im Kreise bewegt wird. Wie aus Fig. 64 sich ersehen lässt, ist der Abstand der Walzen von der Welle B verschieden, so dass sie während des Umlaufs verschiedene Flächen bestreichen. Beide Walzen laufen innerhalb eines Behälters, aus einer gusseisernen, in entsprechender Höhe über dem Fussboden gelagerten Platte mit Rand bestehend. An einer passenden Stelle des Randes ist eine Auslassvorrichtung (Schnauze) d angebracht, durch welche die Entleerung bewirkt werden kann, während sie während des Ganges durch ein vorgesetztes Blech verschlossen gehalten wird. Damit nicht gröbere Steine, welche sich zwischen dem Formmaterial befinden, der Bewegung der Walzen ein Hemmnis entgegensetzen oder gar ein Zerbrechen einzelner Teile, z. B. der Achse, herbeiführen können, ist die letztere, wie Fig. 63 zeigt, durch einen senkrechten Schlitz der Welle B hindurchgesteckt, in welchem sie ausreichenden Spielraum zum Anheben findet, sobald gröbere Stücke vor die Walzen gelangen. Die letzteren rollen nun ungefährdet über jene hinweg, sie ganz oder teilweise zerdrückend. Zur besseren Bewegungsübertragung auf die Achse a ist die Welle B da, wo sie die letztere ergreift, mit zwei hülsenartigen Ansätzen b b (Fig. 64) versehen, durch welche jener Schlitz hindurchgeht. Unten endigt die Welle B in einem abgedrehten Zapfen, welcher in einem verdeckten Lager inmitten der gusseisernen Sohlplatte läuft. Den Antrieb empfängt sie am oberen Ende durch ein Paar Winkelgetriebe von einer Vorgelegewelle aus, welche mit Ausrückvorrichtung versehen ist.

Fig. 64.



An der Welle B sind ferner, rechtwinkelig zur Richtung der Radachse und etwas tiefer als diese, die beiden Arme CC angeschraubt, welche zur Befestigung der Schaufeln cc . . dienen. Letztere lassen sich innerhalb der Hülsen, durch welche ihre Stiele hindurchgehen, mit Hilfe durchgesteckter Stiftchen hoch und niedrig stellen und gestatten auch eine Verstellung unter verschiedenem Winkel gegen die Arme. Sie dienen teils zum Durcharbeiten und Vermischen der in Ver-

arbeitung befindlichen Körper (z. B. bei der Lehmbereitung), teils dazu, die von den Walzen zur Seite gedrückten Körper aufs neue unter die Walzen zu schieben. Bei der Stellung der Schaufeln, wie sie Fig. 64 zeigt, streifen sie, wenn die Walzen in der Richtung der Pfeile sich bewegen, alle an den Rand des Behälters gedrückten Massen ab und schieben sie nach der Mitte hin, so dass sie unausbleiblich von einer der beiden Walzen erreicht werden müssen; soll aber Entleerung stattfinden, so braucht man nur die Schaufeln in die entgegengesetzte Stellung zu bringen, und sie befördern alle in dem Behälter befindlichen Körper nach dem Rande hin und aus der Schnauze hinaus, sobald diese geöffnet wird. Es ist nicht schwer, eine Einrichtung anzubringen, mit deren Hilfe diese Verstellung bei allen Schaufeln gleichzeitig und während des Ganges der Maschine zu ermöglichen ist.

Das Gewicht eines jeden der beiden Läufer eines Kollergangs beträgt 400 bis 1000 kg (bei allzu grossem Gewichte entsteht leicht, besonders beim Mahlen von Sand, ein für die Verwendung zur Formerei allzu feines, für Gase und Dämpfe nicht genügend durchlässiges Pulver). Als Zahl der Umgänge in der Minute rechnet man 10 bis 30. Der für den Betrieb erforderliche Arbeitsaufwand beträgt bei kleinen Läufern von weniger als 1000 kg Gewicht 1 bis 3 Pferdestärken und kann bei schweren Läufern bis auf 12 Pferdestärken steigen. In grösseren Giessereien finden die Kollergänge eine ziemlich häufige Anwendung, teils, weil sie im stande sind, beträchtliche Mengen von Formmaterial in gegebener Zeit zu mahlen und zu mischen, teils auch wegen der Vielseitigkeit ihrer Anwendung. Man benutzt sie mit gleichem Vorteil zum Mahlen des Sandes, der Kohlen, des Lehms und zum gleichzeitigen Mischen des letzteren mit Pferdedünger und anderen Körpern. Ein einziger Kollergang reicht bisweilen aus, den Bedarf einer ziemlich grossen Giesserei an aufbereitetem Formmaterial zu decken.

3. Vorrichtungen zum Mischen.

Thonschneider.

Diese von C Schlickeisen in Berlin ursprünglich zur Aufbereitung des Thons bei der Ziegelanfertigung eingeführten Maschinen finden auch in den Eisengiessereien Verwendung zur Vermischung von Lehm mit Pferdedünger oder ähnlichen Körpern. Die Abbildung Fig. 65 zeigt in $^1/_{20}$ der wirklichen Grösse die Einrichtung eines solchen Thonschneiders im Schnitte. In der Mitte eines gusseisernen cylindrischen oder schwach konischen Gefässes dreht sich eine senkrechte Spindel, an welcher schraubenartig gekrümmte Messer befestigt sind. Der Lehm nebst den erforderlichen Zusätzen wird in die obere Oeffnung eingeschüttet, vermittelst der Messer durchgearbeitet und in ununterbrochener Folge aus der unten an der Seite des Gefässes befindlichen Auslassöffnung herausgequetscht. Sollte die Mischung nach einmaligem Durchgange noch nicht gleichförmig genug sein, so wird der Lehm ein zweites Mal eingeschaufelt. Bei 60 Umdrehungen in der Minute und einem Arbeitsaufwande von 3 bis 4 Pferdestärken liefert ein solcher Thon-

schneider in der Grösse, wie ihn die Abbildung darstellt, in zehnstündiger Arbeitszeit 15 bis 20 cbm gemischten Lehm.

Schleudermühlen (Formsandmischmaschinen).

Diese von Carr erfundenen Maschinen [1]) wurden zum Auflockern des Formsandes, sowie insbesondere zum Mischen verschiedener Form-

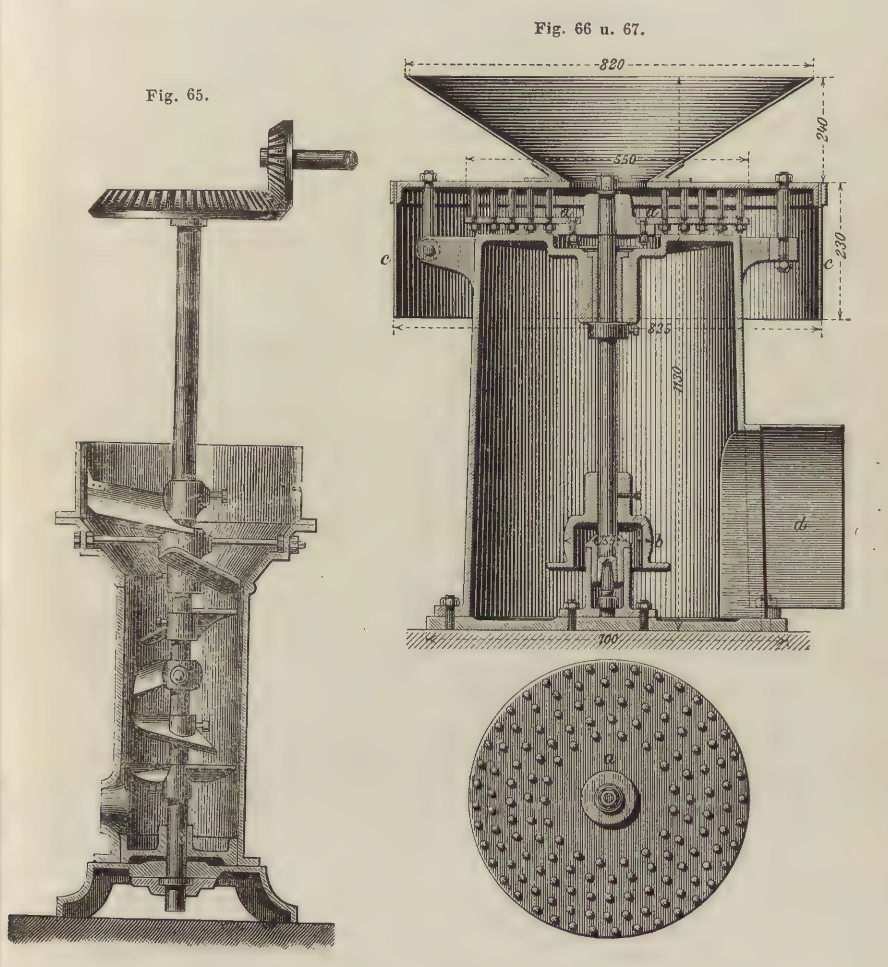


Fig. 65.

Fig. 66 u. 67.

sandsorten unter sich und mit Steinkohle [2]) zuerst von der Badischen Maschinenfabrik in Durlach bei Karlsruhe angewendet. Bei allen diesen Schleudermühlen wird der Sand gezwungen, durch mehrere Reihen von Stahlstiften hindurch sich zu bewegen, welche in kreisförmiger Anordnung auf rasch umlaufenden Scheiben angebracht sind. Die Stahl-

[1]) Rittinger, Aufbereitungskunde, 2. Nachtrag, Berlin 1873, S. 10.

[2]) Von dem Zwecke eines Steinkohlenzusatzes bei der Formsandbereitung ist im nächsten Abschnitte die Rede.

stifte arbeiten hierbei den Sand durch, zerkleinern gröbere, durch Zusammenbacken entstandene Brocken, mischen verschiedene Bestandteile innig durcheinander und lockern den Sand auf.

Bei vielen dieser Maschinen sind zwei parallel zu einander stehende und mit Stiftenreihen besetzte, um wagerechte Achsen in entgegengesetzter Richtung sich drehende senkrechte Scheiben angeordnet, und der Sand fällt zwischen den umlaufenden Stiften hindurch; bei anderen Maschinen begnügt man sich mit einer einzigen wagerecht liegenden — also um eine senkrechte Achse sich drehenden — Scheibe, und der Sand wird durch die Wirkung der Schleuderkraft zwischen den Stiften hindurch gezwängt.

Eine Maschine der letzteren Art, von Carl Schützes Kohlenstaubfabrik in Charlottenburg gebaut, ist in Fig. 66 und 67 abgebildet.

a ist die mit 1000 bis 1200 Umdrehungen in der Minute umlaufende Eisenplatte, auf welcher die erwähnten und in den Abbildungen erkennbaren Stifte (Stahlbolzen) befestigt sind, deren Anordnung gegeneinander aus dem Grundrisse (Fig. 67) sich ergibt. Die Zahl der Stahlstifte beträgt 162, ihre Länge 57 mm, ihr Durchmesser 13 mm. Die Platte sitzt auf dem Kopfe einer senkrechten Spindel, welche von der Riemenscheibe b ihren Antrieb erhält. Durch den oberhalb der Platte angebrachten Trichter wird der Sand eingeschüttet, fällt auf die Platte und wird von dieser zwischen den Stiften hindurch nach aussen gegen den aus Kautschuk bestehenden Mantel c geschleudert, um schliesslich in einem ringförmigen Haufen am Fusse der Maschine sich zu sammeln. d ist ein Schutzblech für den Riemen gegen den niederfallenden Sand. Damit man im stande sei, Steine, Eisenstückchen und dergleichen, welche mit dem Sande in die Maschine gelangen und dann zwischen den Stiften sich festklemmen können, leicht zu entfernen, ist der Deckel oberhalb der Stifte, welcher den Fülltrichter und den Kautschukmantel trägt, zum Aufklappen eingerichtet; in der Abbildung ist links das Gelenk sichtbar, um welches er sich drehen lässt, sobald man die rechts befindliche Schraube gelöst hat.

Die Aufbereitung des Formsandes mit Hilfe dieser Maschine geschieht im angefeuchteten Zustande. Die zu mischenden Sandsorten nebst den zu gebenden Zusätzen werden in der Nähe der Maschine übereinander aufgeschüttet und dann durch zwei Arbeiter ununterbrochen in den Fülltrichter eingeschaufelt. Man beachtet hierbei die Vorsicht, den Fülltrichter nie ganz anzufüllen; es wird alsdann mit dem Sande fortdauernd ein Luftstrom durch die Stiftreihen hindurchgerissen, wodurch der Sand eine lockere, wollige Beschaffenheit erhält. In einer Stunde liefert die abgebildete Maschine 12 t Formsand.

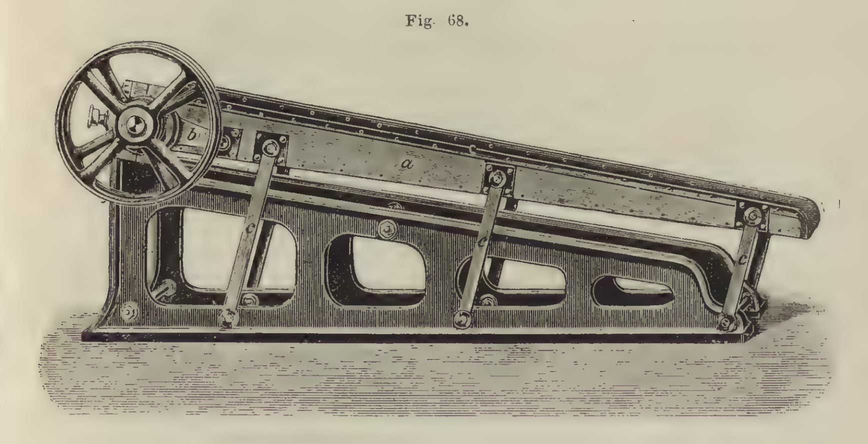
Ein wesentlicher Vorteil bei der Benutzung solcher Schleudermühlen für die Aufbereitung des Formsandes ist die innige und gleichmässige Mischung der verschiedenen Bestandteile: des alten Formsandes mit frischem, fetten Sandes mit magerem, der Steinkohle mit dem Sande. Je inniger aber die Bestandteile gemischt sind, desto besser erfüllt der Formsand seinen Zweck, desto sauberer fallen die Abgüsse aus, desto durchlässiger ist der Formsand für Gase und Dämpfe. Diese Thatsache erklärt zur Genüge die grosse Verbreitung, welche die besprochenen Maschinen in der Neuzeit in Eisengiessereien gefunden haben.

4. Siebvorrichtungen.

Aller schon benutzte Formsand muss, bevor er wieder in Gebrauch genommen werden kann, zur Entfernung eingemengter Fremdkörper — Kernnägel, Formerstifte, Roheisenstückchen u. a. m. — gesiebt werden. Auch der frisch bereitete und mit Wasser angefeuchtete Formsand wird gewöhnlich gesiebt, damit zusammengeballte Massen zurückgehalten werden, und wenn die Mahlvorrichtung nicht schon mit einer Siebvorrichtung versehen ist (wie die auf Seite 183 beschriebene Mühle), siebt man nicht selten auch den frisch gemahlenen, noch trockenen Sand. Die Arbeit geschieht vielfach von Hand. Die Siebe sind mit Drahtgeweben von geringerer oder grösserer Maschenweite versehen, je nachdem frischer Sand (Modellsand) oder schon benutzter Sand, feuchter oder trockener Sand gesiebt werden soll. Zum Sieben grösserer Mengen Sand benutzt man rahmenförmige Siebe, welche zu ebener Erde mit Hilfe zweier Stützen unter einem Winkel von etwa 45 Graden aufgestellt werden, so dass der Sand dagegen geschaufelt wird; kleinere Sandmengen werden mit ringförmigen Sieben auf den Arbeitsplätzen gesiebt.

Bei grossem Sandbedarfe ist dagegen die Benutzung von Siebmaschinen von Vorteil, zumal zum Sieben des alten Formsandes. Sie können als Schüttel- oder als Trommelsiebe eingerichtet sein. Ein Schüttelsieb, von der Badischen Maschinenfabrik in Durlach gebaut, ist in Fig. 68 dargestellt. a ist das rahmenförmige Sieb, welches 1,2 bis

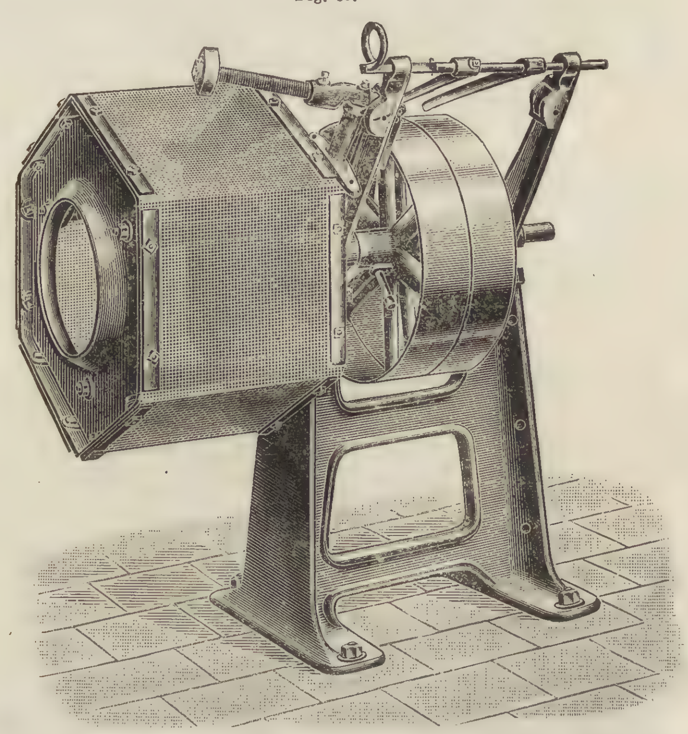
Fig. 68.



2 m lang und 0,8 bis 1,2 m breit ist. Von der links sichtbaren Riemenscheibe aus, welche etwa 200 Umläufe in der Minute ausführt, erhält es durch Vermittelung einer excentrischen Scheibe und Schubstange b hin- und hergehende Bewegung, welche aber nicht geradlinig, sondern in einer Bogenlinie stattfindet, da das Sieb durch die hierbei hin- und herschwingenden Stäbe c c c getragen wird. Der Sand wird am linken Ende des Siebes eingeschaufelt und gleitet allmählich abwärts, wobei das Feine hindurchfällt, während das Grobe schliesslich am rechten Ende abgeworfen wird.

Die Abbildung Fig. 69 zeigt ein einfach eingerichtetes Trommelsieb [1]). Die Trommel macht bei etwa 0,8 m Durchmesser 36 Umdrehungen in der Minute und wird von der an der rechten Seite befindlichen Riemenscheibe aus angetrieben. Der Sand wird von links aus durch


Fig. 69.



die hier sichtbare Oeffnung eingeworfen; drei in der Trommel parallel zu deren Achse angebrachte Eisenstäbe dienen zum Zerteilen der durch Zusammenballen des feuchten Sandes etwa entstandenen Klumpen. Zur Verhinderung des Verstopfens der Siebmaschen ist oberhalb des Siebes ein Klöppel angebracht, welcher, von der Antriebswelle aus bewegt, unausgesetzt den anhaftenden Sand abklopft. Die Maschine vermag täglich etwa 50 t Sand zu sieben.

4. Strohseilspinnmaschinen.

Zwar bildet das Stroh kein Formmaterial im engeren Sinne, wohl aber finden Strohseile eine tägliche Verwendung in den Eisengiessereien bei Anfertigung von Kernen und müssen, wenn der Bedarf an solchen Kernen gross ist, z. B. in Röhrengiessereien, oft massenhaft gefertigt werden. Ihre Herstellung lässt sich mit Hilfe eines einfachen Werk-

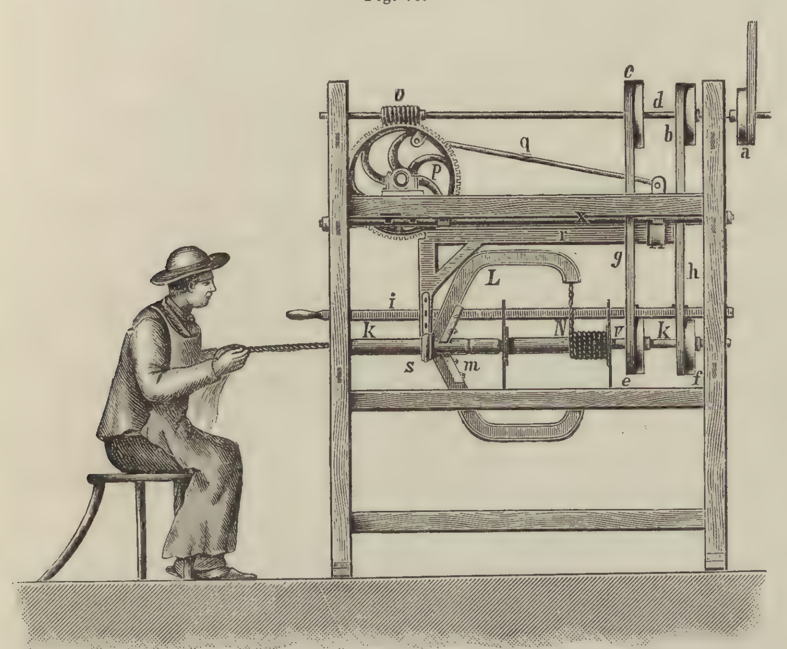
---

[1]) Von Schuchardt & Schütte in Berlin geliefert.

zeugs, des sogenannten Schlüssels, bewirken, an welchem das eine Ende des Seils befestigt ist und welchen ein langsam rückwärtsgehender Arbeiter mit der Hand dreht, während ein anderer am entgegengesetzten Ende das Stroh einflicht; für grösseren Bedarf an Seilen dagegen ist die Anwendung einer Spinnmaschine ratsam, welche in kürzerer Zeit mit Hilfe nur eines Arbeiters die Seile fertigt. In beiden Fällen lässt sich nur langhalmiges biegsames Stroh verwenden.

Eine von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf gebaute Strohspinnmaschine für Eissengiessereien, welche ihre Aufgabe in befriedigender Weise löst, ist in Fig. 70 in $\frac{1}{30}$ der wirklichen Grösse abgebildet.


Fig. 70.



Auf der oberen Welle d befinden sich eine feste und eine Losscheibe a, welche entweder von einem Deckenvorgelege aus ihre Drehung empfangen, oder, wenn Maschinenkraft nicht zur Verfügung steht, von einer mit Schwungrad versehenen, von Hand getriebenen Kurbelwelle aus getrieben werden können. Von der Welle d aus wird die Bewegung durch zwei Riemenscheiben b und c auf zwei andere Riemenscheiben f und e übertragen, neben denen wiederum Losscheiben zur Ausrückung jeder einzelnen Bewegung angebracht sind. Durch die Riemenscheibe f empfängt die lange Welle k ihre Drehung; das linke Ende besteht aus einer geschlitzten Röhre, in welche das zu spinnende Stroh, wie die Abbildung zeigt, eingeführt wird. Auf diese Röhre ist die ebenfalls geschlitzte Hülse m derartig aufgeschoben, dass beide Schlitze sich übereinander befinden und hierdurch dem Stroh der Aus-

tritt in den rinnenförmig ausgehöhlten Arm L ermöglicht ist. Die Hülse m lässt sich auf k verschieben, und jener Schlitz muss eine dieser Verschiebung entsprechende Länge haben; die Drehung von k aber wird in jeder Stellung der Hülse m auch auf diese übertragen. Mit m aber dreht sich der erwähnte Arm L, und das durch ihn hindurchgehende Strohseil erleidet demnach bei jedem Umlaufe der Spindel k eine einmalige Zusammendrehung. Das Gewicht des Armes L ist durch einen gegenüber angebrachten zweiten Arm ausgeglichen. Auf der Welle k ist ferner die zum Aufwickeln des Strohseils bestimmte Spule N drehbar aufgeschoben, welche durch die hohle, ebenfalls auf k übergeschobene Welle v mit der Riemenscheibe e in Verbindung steht. Wenn nun N dieselbe Zahl Umdrehungen als k und L zurücklegte, so würde offenbar ein Aufwickeln des Seils nicht stattfinden können; es würde mehr und mehr zusammengedreht werden, ohne sich vorwärts zu bewegen. Diese Aufwickelung wird dadurch erreicht, dass die Spule etwas rascher, d. h. mit etwas mehr Umläufen in der Zeiteinheit, sich dreht, und der Unterschied der beiden Umlaufsgeschwindigkeiten gibt die Geschwindigkeit des Aufwickelns. Wie man sieht, ist die Riemenscheibe c etwas grösser im Durchmesser als b, während die Riemenscheiben e und f gleich gross sind; infolge davon ist auch die Umlaufszahl der Spule N, welche von c aus angetrieben wird, etwas grösser als die der Welle k. Damit nun aber die Windungen des Seils sich nicht aufeinander, sondern nebeneinander legen, ist, wie schon erwähnt wurde, der Arm L nebst der Hülse m auf k verschiebbar gemacht, und diese Verschiebung, deren Mass der Länge der Spule N entsprechen muss, wird ebenfalls selbstthätig von der Maschine bewirkt. Durch die auf der Welle d befindliche Schnecke o wird das Schneckenrad p getrieben und von diesem vermittelst der Schubstange q der winkelförmige Arm r in langsam hin- und hergehende Bewegung versetzt. r greift mit einem Bügel in eine ringförmige Nute der Hülse m und schiebt auch diese samt dem Arme L langsam vor- und rückwärts.

i ist eine wagerechte Stange mit Riemengabel, mit deren Hilfe der am vorderen Ende der Maschine befindliche Arbeiter die Ausrückung der beiden Riemen bewirken kann, wenn die Spule voll bewickelt ist.

Bei 130 Umdrehungen in der Minute liefert die Maschine in der gleichen Zeit 9 bis 10 m Strohseil von 15 mm Stärke. Für die Bewegung genügt schon die Arbeitsleistung eines Mannes.

Vierter Abschnitt.

Die Gussformen und ihre Herstellung.

I. Erläuterungen.

Gussformen nennt man Vorrichtungen, in welchen das geschmolzene Metall zum Erstarren gebracht wird, auf diese Weise seine Formgebung erhaltend. Die inneren Begrenzungen der Gussformen müssen also mit den äusseren Begrenzungen des herzustellenden Abgusses, vergrössert um das Mass der Schwindung (S. 44) übereinstimmen.

Einen besonderen Teil vieler Gussformen bilden die Kerne, dazu bestimmt, Hohlungen in den Abgüssen herzustellen. Ein Dampfcylinder, ein Rohr, eine Säule wird um einen Kern gegossen, dessen äusserer Durchmesser gleich dem inneren Durchmesser des Abgusses nebst Schwindmass sein muss; ohne den Kern würden volle Körper entstehen. Die Kanäle für den ein- und austretenden Dampf an einem Dampfcylinder, die Nabenöffnung an einem Rade, die Schraubenlöcher an einer Fundamentplatte u. s. w., werden ebenfalls durch Kerne innerhalb der Gussform hergestellt. In den meisten Fällen werden die Kerne unabhängig von der eigentlichen Gussform gefertigt und erst vor dem Giessen in diese eingelegt.

Die Gussformen (und auch die Kerne) lassen sich von verschiedenen Gesichtspunkten aus einteilen.

Man unterscheidet offene Gussformen, in denen die Oberfläche des eingegossenen Metalls frei liegt, also, wie die Oberfläche jeder Flüssigkeit, eine wagerechte Ebene bildet und in dieser Lage erstarrt, und geschlossene Gussformen, welche auch oben geschlossen sind, und in welche das Metall durch einen Kanal (den Einguss) eingegossen wird, dessen äussere Mündung höher liegt als die höchste Stelle der Gussform. Fig. 71 zeigt eine offene, Fig. 72 eine geschlossene Gussform; e in Fig. 72 ist der erwähnte Einguss. In der offenen Gussform liegt die Oberfläche des eingegossenen Metalls frei, bildet also, wie die Oberfläche jeder ruhig stehenden Flüssigkeit, eine wagerechte Ebene und erstarrt unter der Berührung mit der Luft. Die hierbei stattfindende Bildung von Oxyden, sowie die Bewegung des Metalls,

welche durch das Bestreben zu krystallisieren und durch die von den Wänden ausgehende Abkühlung veranlasst wird, sind die Ursache, dass die Oberfläche des erstarrten Abgusses niemals eine ganz ebene Fläche bildet, sondern mehr oder minder rauh und ungleichmässig sich darstellt. In Rücksicht auf diese Eigentümlichkeiten der offenen Gussformen ist

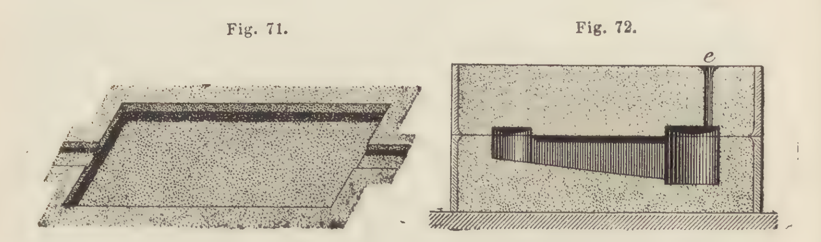


Fig. 71. Fig. 72.

ihre Anwendung auf solche Fälle beschränkt, wo die obere Seite der zu fertigenden Abgüsse durch eine ebene Fläche gebildet wird, an deren Genauigkeit aber nur beschränkte Ansprüche gestellt werden dürfen. Die Form der Oberfläche der geschlossenen Gussformen ist dagegen unbeschränkt, da beim Giessen auch der Einguss e mit flüssigem Metalle gefüllt wird, und das Metall erstarrt unter einem Drucke, dessen Mass abhängig ist von der Höhe der äusseren Eingussmündung über der Gussform. Dieser Umstand befördert erheblich die Erzielung scharfer Abgüsse.

Nach der Art des für die Herstellung der Gussformen benutzten Materials unterscheidet man Sandgussformen, Massegussformen, Lehmgussformen und Gussschalen oder Kokillen. Die zuerst genannten drei Arten von Gussformen lassen sich jedesmal nur für einen einzigen Abguss benutzen und müssen für jeden folgenden Abguss frisch hergestellt werden; man nennt sie deshalb auch wohl einmalige Gussformen oder Gussformen aus bildsamem Materiale. Die Gussschalen oder Kokillen dagegen bestehen aus einem starren Materiale, welches eine öftere Benutzung zulässt — in den Eisengiessereien benutzt man ausschliesslich Gusseisen dazu, für andere Metalle auch wohl Bronze, Messing, Granit, Schiefer, Gips, ja selbst Papier, sofern der Schmelzpunkt des Metalls tief genug liegt — und man nennt sie deshalb auch starre oder mehrmalige Gussformen. Ihre Herstellung ist kostspieliger als die der zuerst erwähnten, und sie sind überhaupt dann nicht anwendbar, wenn die Form des Abgusses eine solche ist, dass seine Schwindung durch das starre Material der Gussform behindert wird; die Eigenschaften des Gusseisens aber werden bei Benutzung gusseiserner Gussformen durch die stattfindende rasche Wärmeentziehung in der früher geschilderten Weise (Seite 15) verändert, das Gusseisen wird härter, unter Umständen weiss. Deshalb lassen sich solche eiserne Gussschalen für die gewöhnlichen Zwecke der Eisengiessereien, d. h. für Darstellung eines verhältnismässig weichen, zur Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge geeigneten Gusses, überhaupt nicht benutzen; wohl aber finden sie Verwendung, wenn man absichtlich an einzelnen Stellen der Gusswaren grössere Härtegrade

durch rasche Abkühlung des in die Gussform gegossenen Metalls hervorrufen will (Hartguss oder Schalenguss).

Auch für Herstellung von Gussstücken aus schmiedbarem Eisen (Stahlguss) würden eiserne Gussformen nicht brauchbar sein. Die durch die eisernen Gussformwände bewirkte plötzliche Erstarrung ruft eine Gasentwickelung hervor, welche bei dem an gelösten Gasen reicheren und rascher erstarrenden schmiedbaren Eisen sich deutlicher als beim Gusseisen bemerkbar macht; man würde sehr undichte Abgüsse bekommen. Nur beim Giessen der prismatischen Blöcke aus schmiedbarem Eisen, welche für die Weiterverarbeitung unter dem Hammer, der Presse oder im Walzwerke bestimmt sind und hierbei eine Verdichtung erfahren, bedient man sich ausschliesslich eiserner Gussformen, deren Besprechung jedoch dem Gebiete der Eisenhüttenkunde angehört. Jene oben erwähnten, für Hartgussdarstellung benutzten eisernen Gussformen dagegen werden im sechsten Abschnitte ausführlichere Besprechung finden.

Die einmaligen Gussformen, von welchen allein im Folgenden die Rede sein wird, lassen sich ferner nach der Art und Weise, wie man sie herstellt und ihnen die nötige Widerstandsfähigkeit gegen den vom flüssigen Metalle ausgeübten, ein Auseinandertreiben der Gussformen anstrebenden Druck verleiht, in Herdgussformen, Kastengussformen und freie Gussformen einteilen; endlich unterscheidet man hinsichtlich der Art der Anfertigung dieser Gussformen (der Formerei) nach der Einrichtung der dafür benutzten Geräte Modellformerei und Schablonenformerei.

II. Die Formmaterialien.

1. Der Formsand.

Wie der Name besagt, dient Sand, entweder als solcher in der Natur vorkommend oder durch Zerkleinerung von Sandsteinen gewonnen, zur Herstellung der Gussformen. Aber von den vielen uns zur Verfügung stehenden Sanden, d. h. pulverförmigen, vorwiegend aus Kieselsäure (Quarz) bestehenden und durch Zerfallen von Gesteinen entstandenen Körpern, sind nur verhältnismässig wenige geeignet, als Formmaterial benutzt zu werden. Es sind mehrere Eigenschaften, die der Sand besitzen muss, um für die Formerei tauglich zu sein.

Der Sand muss, wenn er mit wenig Wasser angefeuchtet ist, bildsam sein, d. h. er muss sich leicht in Formen drücken lassen, ohne dabei zu zerfallen, und die daraus hergestellten Formen müssen eine gewisse Widerstandsfähigkeit besitzen. Das Mass dieser Bildsamkeit ist zum grossen Teile von der Form der einzelnen Sandkörnchen abhängig. Ein Sand aus rundlichen, glatten Körnchen besitzt geringe Bildsamkeit; seine Körner gleiten bei geringem Drucke übereinander und verändern dadurch ihre Lage. Je rauher, schärfer gezackt die Körnchen sind, je fester die einzelnen Spitzen und Kanten der Körnchen ineinander greifen, desto bildsamer ist der Sand. Aber ein Sand, dessen Körnchen im vollkommensten Masse diese Eigenschaft besitzen, würde doch kaum eine Spur von Bildsamkeit besitzen, so lange er trocken

ist; er erhält sie erst durch Befeuchten mit Wasser. Dieses dient als Bindemittel zwischen den einzelnen Körnchen und macht den Sand bildsam. Die Menge des zugesetzten Wassers darf nur so gross sein, dass der Sand zusammenballt, nicht aber, dass er an den Händen klebt. Das Eingiessen des Metalls erfolgt der Regel nach in die noch feuchte Gussform (Guss in „grünem“ oder „nassem“ Sande), und diese Eigentümlichkeit des Formsandes, im feuchten Zustande für den Guss verwendbar zu sein, unterscheidet ihn vornehmlich von den übrigen Formmaterialien.

Zahlreich sind jedoch die Uebergänge zwischen den mageren Sanden, welche, fast nur aus Quarzkörnchen bestehend, überhaupt nur im feuchten Zustande ihren Zusammenhang behalten, so dass die aus ihnen gefertigten Gussformen eine Trocknung, ohne zu zerfallen, gar nicht ertragen würden, und der unten besprochenen Masse, welche, ehe der Guss geschehen kann, stark getrocknet werden muss und dadurch steinhart wird. Man nennt diese Uebergangsformen fette Sande. Wegen eines höheren Thonerdgehaltes sind sie bildsamer als die mageren; die Gussformen ertragen das Trocknen in mässiger Temperatur, ohne zu zerfallen; aber je fetter die Sande sind, desto mehr geht ihnen die sogleich zu erwähnende Eigenschaft der Durchlässigkeit ab, und desto häufiger wird deshalb eine Trocknung der Gussformen sogar notwendig.

Man prüft den Sand auf seine Bildsamkeit, indem man, nachdem er wenig befeuchtet worden ist, einen Ball in der Hand formt und diesen in zwei Stücke zerbricht. Bei zu geringer Bildsamkeit fällt der Ball hierbei in mehreren Stücken auseinander.

Trifft nun aber beim Giessen das hocherhitzte Metall auf den feuchten Sand, so entwickelt sich Wasserdampf, welcher, wenn er durch die Form und das darin befindliche flüssige Metall zu entweichen gezwungen ist, ein Kochen des letzteren und ein Misslingen des Gusses herbeiführt. Der Formsand muss daher auch durchlässig für Gase und Dämpfe sein, d. h. zwischen den einzelnen Körnchen müssen, auch wenn der Sand fest in die Form eingedrückt ist, ausreichend viele und ausreichend weite Kanäle bleiben, durch welche die Gase und Dämpfe nach aussen hin entweichen können. Die Wände einer Sandgussform müssen, wie ein englischer Schriftsteller sich treffend ausdrückt, einem unschmelzbaren Siebe gleichen, welches die Fähigkeit besitzt, Luft und Wasserdampf entweichen zu lassen, welches dagegen dem flüssigen Metalle den Zugang durch seine engen Maschen verwehrt, unter welchem Drucke das Metall auch gegossen werde.

Der Umstand, dass ein für die Formerei bestimmter Formsand beide Eigenschaften, Bildsamkeit und Durchlässigkeit vereinigen muss, ist eine Klippe, an welcher die Brauchbarkeit manchen Sandes Schiffbruch leidet. Mit zunehmender Bildsamkeit verringert sich durchschnittlich die Durchlässigkeit. Sande, welche viel thonige Bestandteile enthalten, sind eben wegen dieses Thongehalts sehr bildsam; aber sie lassen sich nicht im ungetrockneten Zustande, d. h. als eigentlicher Formsand verwenden, weil ihnen aus derselben Ursache die Durchlässigkeit fehlt. Den höchsten Grad von Durchlässigkeit besitzen nur die mageren Sande, welche 90 bis 95 v. H. Kieselsäure enthalten; bei

weniger als 85 v. H. Kieselsäure und mehr als 10 v. H. Thonerde pflegt die Durchlässigkeit so gering zu sein, dass der Sand als Formsand für Gussformen, die im ungetrockneten Zustande abgegossen werden sollen, nicht mehr brauchbar ist.

Erfahrungsmässig wird mancher im natürlichen Zustande allzu fette, d. h. wenig durchlässige und deshalb für ungetrocknete Gussformen unbrauchbare Formsand magerer, für die Sandformerei geeigneter, wenn man ihn „brennt“, d. h. auf eine Temperatur von 300° bis 500° erhitzt. Es tritt dadurch eine Zersetzung des thonigen Bestandteils (eines wasserhaltigen Thonerdesilikats) unter Verflüchtigung des Wassergehalts und hierdurch eine Aenderung der physikalischen Eigenschaften des Sandes ein. Das allen thonhaltigen Körpern eigentümliche starke Haften der einzelnen Körnchen aneinander, welches die Bindekraft, Bildsamkeit erhöht, aber die Durchlässigkeit verringert, wird abgeschwächt; hieraus erklärt sich auch, das fette Sande durch öftere Benutzung, bei welcher sie durch die Berührung mit dem flüssigen Metalle stark erhitzt wurden, immer magerer werden.

Neben der chemischen Zusammensetzung beeinflusst die Form und Grösse der einzelnen Sandkörnchen wesentlich das Mass der Durchlässigkeit. Auch in dieser Beziehung ist eine scharf gezackte, unregelmässige Gestalt der Körnchen vorteilhafter als eine glatte oder rundliche. Prismatische oder keilförmige Stücke legen sich mit ihren glatten Seiten dicht aneinander, solcherart den Durchgang der Gase erschwerend. Je feinkörniger der Sand ist, desto enger sind die Zwischenräume zwischen den Körnchen, desto geringer ist im allgemeinen die Durchlässigkeit des Formsands. Wenn von diesem Gesichtspunkte aus die Anwendung grobkörniger Sande zweckmässig erscheinen kann, so fallen doch offenbar die Wandflächen und Kanten der Gussform um so weniger glatt aus und die Abgüsse erhalten ein um so weniger sauberes Aussehen, je gröber die Körner des Formsandes sind. Je schönere Abgüsse man also erzielen will, und je feinkörnigeren Sand man zu diesem Zwecke verwendet, desto scharfkantiger, zackiger müssen die einzelnen Körnchen sein. Zerkleinert man den natürlich vorkommenden Sand in Mühlen oder dergleichen, so muss das Mass dieser Zerkleinerung immerhin von der mehr oder minder grossen Durchlässigkeit des Sandes abhängig sein. Ein Zermahlen bis zur Feinheit wirklichen Mehls erträgt kein Formsand; nur ganz vorzügliche Formsande bleiben noch durchlässig genug, wenn sie zu einem zwischen den Fingern fast unfühlbaren Pulver, dessen Körnchen etwa 0,04 mm im Durchmesser haben, zerkleinert werden; die gewöhnlicheren Sande aber müssen oft, um durchlässig zu sein, aus Körnern von 0,1 mm und darüber im Durchmesser bestehen.

Auch die Gleichmässigkeit des Korns kommt hierbei in Betracht. Besteht ein Formsand aus gröberen und feineren Körnern durcheinander, so schieben sich die feinen zwischen die groben, verstopfen die Kanäle und machen den Sand unbrauchbar. Aus diesem Grunde sind auch Zerkleinerungsvorrichtungen, welche leicht feines Mehl neben gröberen Körnern liefern, nicht zweckmässig.

Man kann die Durchlässigkeit zweier Formsande miteinander vergleichen, wenn man (nach Schott) aus ihnen Würfel von gleicher

Grösse formt und diese so lange mit Wasser befeuchtet, bis sie nichts mehr davon aufnehmen. Das Wasser lässt man aus einer Bürette zutropfen; oder man wägt vor und nach dem Annässen. Die Menge des von jedem Sande aufgenommenen Wassers gibt einen annähernden Massstab für dessen Durchlässigkeit; denn in ähnlichem Masse, wie das Wasser sich in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Körnchen verteilt, werden auch die Gase dort einen Durchgang finden. Die Grösse und Gleichmässigkeit des Korns prüft man durch Reiben des Sandes zwischen Daumen und Zeigefinger; besser durch Betrachtung der trocknen Sandkörnchen unter einem Mikroskope.

Ein guter Formsand muss aber auch unter den Einflüssen des Giessens wie des darauf folgenden Benetzens mit Wasser möglichst unveränderlich sein, d. h. er darf weder beim Giessen selbst durch Zerfallen infolge der Erhitzung Veränderungen erfahren, welche das Gelingen des Gusses vereiteln könnten, noch dürfen nach dem Giessen infolge der raschen Temperaturänderungen die Körnchen zerspringen, zu Mehl oder „Schluff“ zerfallen, wodurch der Sand undurchlässig und für wiederholte Benutzung untauglich werden würde. Enthält der Sand kohlensaure Verbindungen (z. B. Kalkstein) oder Hydroxyde (Wasserverbindungen), so kann durch deren Zersetzung in hoher Temperatur eine Aenderung in der äusseren Beschaffenheit des Sandes eintreten; sind die Körnchen von Spalten und Rissen durchsetzt, so zerspringen sie bei der Erhitzung, es entsteht Schluff, und der Sand wird unbrauchbar. Sande, welche lange Zeit hindurch an der Erdoberfläche den Witterungseinflüssen ausgesetzt waren, neigen vorzugsweise zu diesem Zerfallen und sind deshalb gewöhnlich weniger gut brauchbar als die tiefer liegenden.

Vollständig unzugänglich für jene Einflüsse beim Giessen ist jedoch kein Formsand; auch der beste Formsand wird allmählich durch öftere Benutzung magerer, er verliert an Bildsamkeit. Man trägt in den Eisengiessereien diesem Umstande Rechnung, indem man — gewöhnlich nach jeder Benutzung — dem gebrauchten Sande etwas frischen zusetzt, welcher dann zugleich einen Ersatz bildet für den bei jedem Gusse unvermeidlichen Verlust an Sand. Der grösseren Sparsamkeit halber pflegt man jedoch dieses Gemisch von altem und frischem Sande nur für die inneren Teile der Gussform zu benutzen, welche den Abguss und bei der Herstellung das Modell unmittelbar einschliessen (Modellsand). Das Mischungsverhältnis hierbei ist verschieden und richtet sich teils nach der Beschaffenheit des Sandes, teils nach den Eigentümlichkeiten des herzustellenden Abgusses und den Ansprüchen, welche man an dessen Beschaffenheit stellt. Zwei Teile frischer Sand auf drei Teile alten ist ein gebräuchliches Verhältnis; verliert der zur Benutzung stehende Sand dagegen rasch an Brauchbarkeit oder sollen Gegenstände geformt werden, welche die Benutzung eines besonders vorzüglichen Sandes erheischen (z. B. verzahnte Räder), so erhöht man das Verhältnis des frischen Sandes zum alten, und in manchen Fällen kann es zweckmässig sein, nur frischen Sand als Modellsand zu verwenden.

Bei Besprechung der Vorrichtungen zur Aufbereitung der Formmaterialien ist bereits erwähnt worden, dass man dem Formsande ge-

mahlene Steinkohle beizumischen pflege. Der Zweck dieses Zusatzes ist, ein Anbrennen des Sandes (Anfritten) an das Gussstück zu vermeiden. Die meisten Formsande würden, wenn man sie ohne Weiteres benutzen wollte, da, wo sie von dem flüssigen Metalle berührt werden, zusammensintern und auf der Oberfläche des entstehenden Abgusses eine fest haftende Kruste bilden. In der That lässt sich dieser Vorgang nicht selten beobachten, wenn man ungeeigneten Formsand benutzt hat. Der Abguss ist entweder an einzelnen Stellen oder auch auf der ganzen Oberfläche mit einer oft mehrere Millimeter starken Schicht aus gefrittetem Formsande bedeckt, welche mit dem Metalle zusammengeschmolzen ist, selbst einem harten Meissel widersteht und oft den Abguss unverwendbar macht. Je höher die Schmelztemperatur des Metalls liegt und je dicker der Abguss ist, je langsamer also die Erstarrung von statten geht, desto leichter tritt dieser Vorgang ein.

Man mischt also dem Sande Steinkohle bei. Bei der Erhitzung des Sandes durch das flüssige Metall wird die Steinkohle unter Gasentwickelung zerlegt; jedes Sandkörnchen wird von einer feinen Gashülle umgeben, welche die innige Berührung der Sandkörnchen sowohl untereinander als mit dem Metalle und somit das Zusammen- und Anfritten verhindert. Aus dem Steinkohlenstaube wird Koksstaub, welcher zunächst dem Sande beigemengt bleibt und erst allmählich verbrennt, für jeden Guss aber muss für den Modellsand der Steinkohlenzusatz erneuert werden.

Aus der geschilderten Wirkungsweise der Steinkohlen folgt, dass diese ihre Aufgabe um so besser erfüllen, je gasreicher sie sind, je weniger Asche sie enthalten und je inniger sie mit dem Sande gemischt waren. Jedes Sandkörnchen soll ringsum von einer äusserst dünnen Schicht Steinkohlenstaub umgeben sein. Zum nicht geringen Teile beruht auf dieser Thatsache die Bedeutung, welche gute Mischvorrichtungen, z. B. Schleudermühlen (Seite 187), für die Erzielung guter Abgüsse besitzen.

Aus dem Gesagten folgt aber ausserdem, dass der Steinkohlenzusatz um so beträchtlicher sein kann, je durchlässiger der Sand für Gase ist. Denn das entstehende Steinkohlengas nimmt, zumal in der hohen Temperatur des vergossenen Metalls, einen nicht unbeträchtlichen Raum ein und muss, ebenso wie die gebildeten Wasserdämpfe, nach aussen entweichen; je dichter, undurchlässiger der Sand ist, desto leichter kann das Gas ein Misslingen des Gusses herbeiführen. Ein übliches Verhältnis ist 1 Gewichtsteil Steinkohlenpulver auf 10 Gewichtsteile Formsand (oder etwa 3 Hektoliter Steinkohle auf 10 Hektoliter Sand) Fetter Sand, welcher überhaupt weniger leicht anzubrennen pflegt, erträgt nur geringeren Zusatz.

Hatte man eine zu reichliche Menge Steinkohle zugefügt, oder war die Mischung nicht gleichmässig gewesen, so entstehen Spalten und Risse in den Wänden der Gussform, das flüssige Metall dringt hinein und bildet Grate auf der Oberfläche des Abgusses, deren Spuren nicht immer ganz zu vertilgen sind. Gegenstände, bei welchen man Wert auf sauber gegossene Oberflächen legt, können hierdurch Einbusse an Schönheit des Aussehens erleiden.

Dass ein Steinkohlenzusatz nur bei der Bereitung des Modellsandes

erforderlich ist, wurde schon angedeutet und ergibt sich aus dem über die Wirkungsweise dieses Zusatzes Gesagten von selbst.

Eine ähnliche Wirkung als Steinkohle üben Zusätze von Sirup, Bier oder anderen organischen Flüssigkeiten aus, welche man — häufiger in Messing- und Bronzegiessereien als in Eisen- und Stahlgiessereien — dem Sande für feinere Abgüsse zusetzt, um das Anbrennen zu verhüten und zugleich, um die „Bindekraft“, d. h. die Bildsamkeit und Haltbarkeit des Materials zu erhöhen.

Ein neben diesen Zusätzen häufig angewendetes Mittel zur Vermeidung des Anbrennens des Formsandes besteht in der Anwendung von Ueberzügen der Gussformwände aus unschmelzbaren Körpern, welche die unmittelbare Berührung des Metalls mit dem Formsande hindern. Unter 4) wird hiervon ausführlicher die Rede sein.

Brauchbare Formsande finden sich in allen Erdschichten. Manche haben durch ihre vortrefflichen Eigenschaften, d. h. grosse Durchlässigkeit neben grosser Bildsamkeit und feinkörniger Beschaffenheit, Berühmtheit erlangt und werden auch in entfernte Gegenden versandt. Hierher gehört z. B. ein roter Pariser Formsand aus dem Buntsandstein, ein ebenfalls roter, aus derselben Formation stammender englischer Formsand u. a. Einen ähnlichen Formsand gewinnt man zu Ilsenburg durch Zerkleinerung von rotem Sandstein. Durch Vermischen mehrerer Formsande lassen sich oft ihre Eigenschaften verbessern, ja man kann aus Sanden, deren jeder für sich allein kaum benutzbar sein würde, oft einen vortrefflichen Formsand herstellen. Ist der Sand zu fett, d. h. zu wenig durchlässig, so mischt man ihm mageren bei und umgekehrt. Dieses Vermischen verschiedener Sandsorten bildet einen wichtigen Kunstgriff des umsichtigen Formers, um ein brauchbares Material für seine Zwecke zu erhalten, und die Benutzung dieses Verfahrens ist in Giessereien, wo verschiedene Gegenstände gefertigt werden, von um so grösserer Bedeutung, da die Ansprüche, welche an die Beschaffenheit des Formsandes gestellt werden, nicht immer genau die nämlichen sind, sondern sich nach Form und Grösse des Abgusses richten. Ist z. B. in einer Gussform eine grosse Menge Sand rings von dem flüssigen Metalle eingeschlossen und der zum Entweichen der Dämpfe frei bleibende Querschnitt des Sandkörpers verhältnismässig klein, so muss selbstverständlich der Formsand durchlässiger sein, als wenn jene Dämpfe nach allen Richtungen hin einen Ausweg finden; bleibt in der Gussform ein Sandkörper von geringem Querschnitte stehen, welcher der Gefahr ausgesetzt ist, durch das flüssige Metall fortgerissen zu werden — z. B. die in die Zahnlücken von Getrieben eintretenden Zähne der Gussform — so ist hierfür ein Sand von grösserer Festigkeit (Bindekraft) notwendig, u. s. f. Nur wenige vorzügliche Formsande vereinigen die sämtlichen Eigenschaften in solchem Masse, dass sie, ohne vermischt zu werden, für fast alle Zwecke der Giessereien benutzt werden können, und eine jede Giesserei pflegt deshalb mindestens zwei verschiedene Formsande, einen fetteren und einen mageren, in Bereitschaft zu halten, welche dann in erforderlichen Verhältnissen zusammengemengt werden.

Dass man den beim Giessen immer magerer werdenden, häufig auch an Durchlässigkeit einbüssenden Formsand wieder „auffrischt“,

indem man dem „Modellsande“ neben Steinkohle auch frischen Sand zusetzt, wurde bereits erwähnt.

2. Die Masse.

Als „Masse“ im eigentlichen Sinne bezeichnet man einen feuerfesten Thon, dessen Eigenschaft, beim Trocknen zu schwinden und Risse zu bekommen, durch Zusatz sogenannter „Magerungsmittel“ verringert oder ganz aufgehoben ist. Die Magerungsmittel bestehen aus Körpern, welche an und für sich wie in Berührung mit dem Thone unschmelzbar sind und auch nicht schwinden; man benutzt dazu Quarz, Graphit, Koks; recht geeignet ist zerkleinte, schon im Feuer gewesene feuerfeste Masse, also Stücke von Schamottesteinen, Schmelztiegeln und dergleichen. Die Wirkung des Zusatzes dieser Magerungsmittel beruht auf verschiedenen Umständen. Die gesamte Schwindung der Masse beim Trocknen wird um soviel verringert, als dem Verhältnisse des Raums entspricht, welchen die nicht schwindenden Magerungsmittel innerhalb des ganzen Gemenges einnehmen; je mehr man davon zusetzt, desto weniger Thon befindet sich in einer bestimmten Menge des Gemisches, desto geringer fällt die Schwindung des letzteren aus. Die Entstehung von Rissen ist aber eine Folge der Schwindung und wird also ebenfalls abgemindert oder hört ganz auf, wenn die Schwindung geringer wird. Sodann wird das Gemisch durchlässiger; um jedes Körnchen herum entsteht beim Schwinden des Thons ein kleiner Hohlraum, die Wasserdämpfe können aus dem Innern besser entweichen, die Trocknung geht gleichmässiger vor sich, welcher Umstand gleichfalls zur Vermeidung von Rissen beiträgt. Je mehr Oberfläche die einzelnen Körnchen darbieten, je zackiger, scharfkantiger sie sind, desto vollkommener ist in dieser Beziehung ihre Wirkung. Endlich dehnen sich aber Risse, welche in der mit Magerungsmitteln versetzten Masse entstehen, nicht weit aus, sie werden von den eingelagerten Körnchen selbst unterbrochen und sind deshalb gefahrloser für die Haltbarkeit des aus der Masse hergestellten Gegenstandes.

Solche eigentliche Masse, feuerfest gegenüber den in unseren Schmelzöfen erreichbaren Temperaturen, ist zur Herstellung der Gussformen unentbehrlich, wenn die Schmelztemperatur des Metalls sehr hoch liegt; insbesondere also beim Giessen von Stahl (Flusseisen). Man stellt sich eine geeignete Masse für diesen Zweck her, indem man zerkleinte Tiegelscherben, Schamottesteine, auch wohl unter Zusatz von etwas Kokspulver oder Graphitpulver, mit nur so viel frischem feuerfestem Thone versetzt, bis das Gemisch im angefeuchteten Zustande eine genügende Bildsamkeit zur Herstellung der Gussformen besitzt; z. B. 4 Teile gestampfter Tiegelscherben, 3 Teile Schamotte, 2 Teile feuerfesten Thons; oder ähnlich.

Die Schmelztemperatur des Gusseisens aber liegt niedriger als die des Stahls, das Mass der Feuerfestigkeit der Gussformen kann deshalb auch bei der Verarbeitung von Gusseisen entsprechend niedriger sein, und man erhält bei der Auswahl der Masse hierfür weitere Grenzen. Man pflegt deshalb in den Eisengiessereien jeden thonhaltigen Sand oder überhaupt jedes natürlich vorkommende oder künstlich dargestellte Ge-

misch einer thonreichen Grundmasse mit Quarzkörnern oder anderen Magerungsmitteln als Masse zu bezeichnen, sofern es in der Temperatur des geschmolzenen Gusseisens unschmelzbar ist, wegen seines grösseren Thongehalts aber nicht durchlässig genug für Gase und Dämpfe, um ohne vorausgehende starke Trocknung der Gussformen das Eingiessen des Metalls zu gestatten. Diese Trocknung verwandelt zugleich die im angefeuchteten Zustande sehr bildsame Masse in einen harten, festen Körper, dessen Widerstandsfähigkeit gegen die mechanischen Einflüsse beim Giessen höher ist, als diejenige des Formsandes. Dass eine Reihe sogenannter fetter Sande, welche zwar einer starken Trocknung nicht immer bedürfen, wohl aber eine mässige Trocknung, ohne zu zerfallen, ertragen, den Uebergang bilden zwischen dieser Masse und dem eigentlichen Formsande, wurde schon oben erwähnt.

Der grössere Thongehalt der Masse gibt ihr gegenüber dem Formsande für gewisse Zwecke der Eisengiesserei manche Vorzüge. Sie ist im feuchten Zustande bildsamer als jener, d. h. sie zerfällt weniger leicht, und wird nach dem Trocknen, wie erwähnt, oft steinhart. Diese Eigenschaft lässt sie besonders in solchen Fällen geeigneter erscheinen, wenn Gussformen hergestellt werden sollen, welche entweder bei der Anfertigung oder beim Giessen leicht einer Beschädigung ausgesetzt sind, oder welche unter dem starken Drucke einer hohen Säule flüssigen Metalls leicht eine Ausdehnung ihrer inneren Abmessungen (Treiben der Gussformen) erleiden können, wenn sie aus dem leichter zusammendrückbaren Formsande hergestellt sind (alle Gegenstände mit beträchtlicher Höhenabmessung und verlornem Kopfe). Sie brennt durchschnittlich weniger leicht an das Eisen an, als der Formsand, welcher Umstand bei der Herstellung schwerer Gussstücke mit starken Querschnitten in Betracht kommt, bei deren Gusse auch die Gussform stärker erhitzt wird. Sie entwickelt endlich, wenn die Gussformen ausreichend stark getrocknet werden, beim Giessen keinen oder nur sehr wenig Wasserdampf, welcher durch das eingegossene Metall hindurch entweichen könnte; das Metall selbst wird in der Massegussform weniger plötzlich abgekühlt als bei der Berührung mit den feuchten Wänden der Sandformen, und entwickelte Gase innerhalb des Metalls finden eher Zeit, noch vor dem Erstarren zu entweichen. Für Herstellung grösserer Gegenstände, bei denen es auf grosse „Dichtigkeit“, d. h. Reinheit von Gasblasen, ankommt, ist aus diesen Gründen die Masse geeigneter als der Formsand.

Dagegen ist die Herstellung von Massegussformen, weil sie getrocknet werden müssen, zeitraubender und kostspieliger als diejenige der Sandgussformen, und man verwendet aus diesem Grunde Masse an Stelle des Formsandes nur dann, wenn eben die Eigentümlichkeit der herzustellenden Abgüsse — vielfach gegliederte Form, bedeutende Höhe, erforderliche grosse Dichtigkeit u. a. m. — oder auch die hohe Schmelztemperatur des zu vergiessenden Metalls (bei Stahlgüssen) ein Misslingen des Gusses im Formsande befürchten lassen.

Brauchbare Masse findet sich entweder schon in der geeigneten Zusammensetzung in der Natur und bedarf dann nur noch einer Aufbereitung durch Trocknen, Stampfen, Sieben und Anfeuchten; oder, was häufiger der Fall ist, man stellt sie durch Vermischung geeigneter

Körper — Thonen oder thonreicher Sande mit Quarzkörnern oder anderen Magerungsmitteln — dar. Da nun die Masse durch das „Brennen“. d. h. durch die starke Erhitzung beim Giessen, immer magerer wird, so muss ihr, damit sie ausreichende Bildsamkeit behält, ebenfalls nach jedem Gusse etwas frische Masse zugesetzt werden. Man verfährt hierbei wie bei dem Formsande, d. h. man frischt jedesmal zunächst diejenige Masse durch Zusatz wieder auf, welche die inneren Wandungen der Gussform zu bilden bestimmt ist.

Aus dem über die Anwendung der Masse für Gussformen Gesagten folgt übrigens, dass es zweckmässig sein kann, für verschiedene Gegenstände auch verschieden zusammengesetzte Masse zur Verwendung zu bringen. Denn je thoniger, fetter die Masse ist, desto grössere Festigkeit besitzen zwar die daraus hergestellten Gussformen, aber desto vorsichtiger und vollständiger muss ihre Trocknung bewirkt werden, und desto leichter zeigen sich wegen der stärkeren Schwindung Unterschiede in den Abmessungen der Gussform vor und nach dem Trocknen. Je geringere Bedeutung demnach eine grosse Festigkeit oder Feuerbeständigkeit der Gussformen besitzt, desto magerere Masse kann man verwenden.

Auch der Masse setzt man nicht selten, wie dem Formsande, Körper zu, welche das Anbrennen an das Eisen (den Stahl) verhüten sollen. Steinkohlen sind als Zusatz für eigentliche, thonreiche Masse nicht geeignet, da die sich bei ihrer Zersetzung entwickelnden Gase nicht würden entweichen können, und man benutzt sie als Zusatz deshalb nur für die in ihrer Beschaffenheit dem Formsande nahe stehenden Sorten, immerhin aber auch hier in weniger reichlichen Mengen. Jene oben erwähnten, zunächst als Magerungsmittel zugesetzten und vorzugsweise aus Kohlenstoff bestehenden Körper — Koks, Holzkohle, Graphit — vermögen auch das Anbrennen zu verhüten oder zu erschweren, indem sie die Feuerbeständigkeit der Masse erhöhen und zugleich die gegenseitige Berührung zwischen den Körnchen der Masse und dem flüssigen Eisen vermindern, ohne selbst mit einem der beiden Körper zusammenzuschmelzen. Da nun aber durch diese erwähnten Zusätze die Masse magerer wird, so folgt, dass ihre Anwendung besonders dann zweckmässig ist, wenn ohnehin eine zu fette Masse mit Magerungsmitteln versetzt werden muss.

3. Der Lehm.

Man versteht unter dem Ausdrucke Lehm einen sandigen Thon, welchen man mit organischen Körpern als Magerungsmitteln zur Verhütung des Reissens beim Trocknen versetzt hat. Dieser Zusatz organischer Körper bildet das wichtigste Unterscheidungsmerkmal von der Masse; ein anderer Unterschied steht in dem reichlicheren Zusatze von Wasser vor der Verarbeitung. Während der Formsand und die Masse nur mit soviel Wasser befeuchtet werden, dass sie eben Bindekraft erlangen, ohne dass sie jedoch an den Händen und Werkzeugen kleben dürfen, vermischt man den Lehm aus Gründen, die in dem Arbeitsverfahren beruhen und erst bei dessen Beschreibung verständlich werden können, mit einer solchen Menge Wasser, dass er die Form eines

dicken, klebrigen Breies erhält. Mit diesem grösseren Wasserzusatze aber wächst auch die Gefahr der Entstehung von Rissen beim Trocknen; wollte man sie durch stärkeren Zusatz anorganischer Körper, Sand oder dergl., abmindern, so würde der ohnehin gewöhnlich schon von Natur stark sandhaltige oder mit solchen Zusätzen versehene Lehm nach dem Trocknen zu geringe Festigkeit besitzen, er würde zu mager sein; man wendet also jene organischen Körper an, welche die Eigenschaft besitzen, das Reisen zu verhüten, ohne die Festigkeit des getrockneten Lehms zu beeinträchtigen, sondern diese sogar oft merklich erhöhen.

Hieraus folgt, dass manche als „Masse“ brauchbaren Vorkommnisse auch zur Bereitung des Lehms sich benutzen lassen, indem man sie mit den entsprechenden organischen Körpern vermischt; aber auch manche sandreichen Thone, die, als Masse verwendet, wegen zu geringer Grösse der Sandkörnchen zu stark schwinden würden und den Zusatz anorganischer Magerungsmittel wegen ihres ohnehin beträchtlichen Sandgehalts nicht ertragen, lassen sich noch zu brauchbarem Lehme verarbeiten.

Häufig benutzt man in den Eisengiessereien zwei Sorten des Lehms; einen fetteren, welcher langsamer trocknet und nach dem Trocknen sich durch grosse Festigkeit auszeichnet, aber undurchlässig für Gase ist (Fettlehm); und einen mageren, sandreicheren Lehm, rascher trocknend, durchlässiger, aber weniger fest (Kernlehm, Sandlehm).

Als organische Zusätze verwendet man, wenn der Lehm zu Bauzwecken benutzt werden soll, gewöhnlich Häckerling, in den Eisengiessereien dagegen vorzugsweise Pferdedünger, welcher in einem Verhältnisse von zwei Dritteln bis zu gleichen Teilen (dem Gemässe nach) mit der Grundmasse gemischt wird. Aelterer, schon halbverrotteter Dünger wirkt am kräftigsten. Für sehr feine Arbeiten nimmt man bisweilen Kuhdünger statt des Pferdedüngers; in anderen Fällen Kälberhaare. Alle diese Körper aber sind ziemlich kostspielig, und in grossen Giessereien, welche viel Lehm verbrauchen, ist deshalb die alljährliche Ausgabe dafür, insbesondere für den Pferdedünger, ganz erheblich. Wo es angeht, d. h. bei Anfertigung grösserer Gussformen und Kerne, welche beim Giessen nicht sehr in Anspruch genommen werden, sucht man daher zu sparen, indem man an Stelle des Düngers teilweise billigere Zusätze verwendet. Hierfür sind z. B. Gerberlohe, Torfgrus, Spreu u. a. brauchbar.

Die Wirkung aller dieser genannten Körper beruht vornehmlich darauf, dass sie beim Trocknen des Lehms stark schwinden, auch wohl unter Zersetzung teilweise verflüchtigt werden (Pferdedünger) und hierbei die Lehmmasse in einem porigen Zustande zurücklassen. Die Schwindung des Lehms, welche wegen seines reichlichen Gehalts an jenen fremden Körpern ohnehin entsprechend geringer ausfällt, kann sich demnach vollziehen, ohne das Risse entstehen, und der Lehm bleibt in einem gewissen Grade durchlässig für Gase und Dämpfe. Pferde- oder Kuhdünger hat daneben die nicht unwichtige Eigenschaft, die Bindekraft des Lehms zu erhöhen und dadurch die Anwendung einer sandreicheren Grundmasse zu ermöglichen.

Auch dem Lehm setzt man mitunter ausser den genannten Körpern nur solche zu, welche das Anbrennen an den Abguss verhüten und

seine Feuerbeständigkeit erhöhen sollen. Steinkohle würde aus denselben Gründen nicht anwendbar sein, welche ihren Zusatz zur Masse verbieten oder für das Gelingen des Gusses gefährlich machen; Kokspulver oder Graphit sind die üblicheren Zusätze. Sehr geeignet ist der in den Retorten der Gasanstalten sich absetzende Graphit, welcher allerdings selten in grösseren Mengen zu haben ist. Je grösser der Abguss und je höher die Schmelztemperatur des zu giessenden Metalls ist, desto wichtiger ist die Anwendung solcher Zusätze; aber je reichlicher die Zusätze gegeben werden, desto weniger mager (sandreich) darf der Lehm von Natur sein.

Auch bei der Lehmbereitung ist eine innige Mischung der Bestandteile erforderlich, damit die zugesetzten Körper ihren Zweck in vollem Umfange erfüllen können. Sofern die früher besprochenen, für diesen Zweck geeigneten Maschinen (Thonschneider, Kollergang) nicht zur Verfügung stehen, muss die Mischung durch Handarbeit vermittelst Schlagens oder auch durch Treten des Lehms geschehen. Im ersteren Falle wird der Lehm, nachdem er mit der erforderlichen Menge der Zusätze gröblich gemischt war, oder auch in abwechselnden Lagen mit ihnen, auf einer eisernen Platte ausgebreitet, dann mit einem flachen Stabe anhaltend geschlagen, wobei Schlag neben Schlag geführt wird, umgeschaufelt, aufs neue ausgebreitet und geschlagen u. s. f., bis gleichmässige Mischung erzielt ist; im anderen Falle wird er mit nackten Füssen auf einer geeigneten Unterlage anhaltend bearbeitet. Nur bei geringem Bedarfe ist jedoch dieses Verfahren noch üblich.

Der fertige Lehm wird entweder ohne weiteres zu Gussformen verarbeitet, oder man stellt für gewisse Zwecke der Eisengiesserei Ziegeln daraus dar, indem man ihn in hölzerne Kasten von entsprechender Grösse schlägt und die so geformten Stücke zuerst an der Luft, dann in den früher beschriebenen Trockenkammern trocknet.

Der Lehm als Formmaterial besitzt gegenüber dem Formsande ähnliche Vorzüge wie die Masse, insbesondere eine grössere Haltbarkeit; vor der Masse besitzt er wegen seines teigartigen Zustandes den Vorteil einer grösseren Bildsamkeit, welche besonders in den Fällen von Bedeutung ist, wo man sich zur Anfertigung der Gussform oder des Kerns nicht eines Modells oder Kernkastens sondern einer Schablone bedient (siehe Schablonenformerei, Kernformerei.) Hier, d. h. bei Anfertigung von Gussformen und Kernen mit der Schablone, liegt das eigentliche Gebiet für die Verwendung des Lehms; in der Modellformerei findet er nur ausnahmsweise Benutzung.

4. Körper zum Ueberkleiden der Gussformen.

Schon mehrfach wurde eines Vorgangs gedacht, der als „Anbrennen" des Formsandes, der Masse, des Lehms bezeichnet wird und die Erzielung sauberer Abgüsse nicht unerheblich erschweren kann. Wenn nun die bereits besprochenen, den verschiedenen Formmaterialien als Gegenmittel gegen diesen Vorgang gegebenen Zusätze (Steinkohle, Koks Graphit) auch geeignet sind, ihn abzuschwächen oder bei rascher erkaltenden Gussstücken ganz zu verhindern, so unterstützt man doch in den meisten Fällen die Wirkung jener Zusätze noch durch Anwendung

eines zweiten, schon kurz erwähnten Mittels, welches in der Herstellung dünner unschmelzbarer Ueberzüge auf den inneren Wänden der Gussformen steht. Die Bestandteile dieser Ueberzüge müssen jedoch verschieden sein, je nachdem die Gussform im feuchten oder im getrockneten Zustande zum Abgusse gelangt.

Ueberzüge für grünen oder nassen Guss.

Das üblichste und tauglichste Material ist gepulverte Holzkohle. Am kräftigsten schützend wirkt Laubholzkohle; Birken- oder Erlenkohlen werden besonders geschätzt. Nadelholzkohlen sind leichter verbrennlich und geben ausserdem nicht ganz so schöne Flächen, was allerdings nur in Betracht kommt, wenn es sich um ein in hohem Grade vollendetes Aeussere der Abgüsse handelt. Die Zerkleinerung der Kohle wird am besten durch Zerstossen im Mörser oder unter einem kleinen Pochwerke bewirkt. Weniger geeignet ist gemahlene Holzkohle; vornehmlich dann, wenn der hergestellte Ueberzug noch mit Werkzeugen geglättet werden soll. Sie haftet leichter an den Werkzeugen und löst sich infolge davon wieder von den Wänden der Gussform ab. Der Grund hierfür liegt in der verschiedenen Form der einzelnen Kohlenteilchen. Gepochte Holzkohle besteht, wie sich unter dem Mikroskope erkennen lässt, aus Körnchen, gemahlene aus Fasern oder Nadeln. Die zerkleinte Kohle wird gesiebt und dann mit Hilfe eines Beutels aus feinem Leinen oder Schirting, dessen oberes Ende man mit der einen Hand erfasst, während man das andere Ende mit der zweiten Hand schüttelt, in die Gussform gestäubt, so dass sie sich überall an deren Wände anlegt Die Feuchtigkeit der Gussform bewirkt das Haften des rasch ebenfalls etwas Feuchtigkeit aufnehmenden Holzkohlenstaubes. War die Gussformwand zu trocken, so wird sie vor dem Aufstäuben der Holzkohle mit verstäubtem Wasser besprengt.

Als Ersatz der Holzkohle benutzt man aus Sparsamkeitsrücksichten in Giessereien, welche geringeren Wert auf schönes Aeussere der Abgüsse legen, bisweilen ein Gemenge aus trockenem Thon und Koks, gemeinschaftlich in derselben Vorrichtung gemahlen. Der Koksstaub bildet hierbei die eigentliche trennende, unschmelzbare Schicht, er würde aber ohne weiteres nicht genügend fest an den Gussformwänden haften, sondern von dem flüssigen Gusseisen rasch entführt werden. Man vermischt ihn also mit Thonstaub, welcher als hygroskopischer Körper rasch Feuchtigkeit anzieht und solcherart haftet. Der Erfolg dieses Mittels ist jedoch weniger befriedigend als die Anwendung von Holzkohle.

Gepulverter oder geschlämmter Graphit, welchen man mitunter an Stelle der Holzkohle anzuwenden versucht hat, und welcher vor dieser den Vorzug der Schwerverbrennlichkeit voraus hat, haftet schlecht und legt sich in die Poren des Formsandes, diese vorstopfend und somit die Durchlässigkeit der Gussform beeinträchtigend.

Ueberzüge für getrocknete Gussformen.

Da in diesen Gussformen Holzkohlenstaub, auf die trockene Fläche aufgestäubt, nicht haften, von der noch ungetrockneten Fläche aber beim Trocknen abfallen oder auch verbrennen würde, muss ein Ueberzug be-

nutzt werden, welcher in Form einer Flüssigkeit mit dem Pinsel aufgetragen wird und die Eigenschaft besitzt, auch nach dem Trocknen genügend an den Gussformwänden zu haften. Schwerverbrennlichkeit dieses Ueberzuges ist um so wichtiger, da die in getrockneten Formen hergestellten Abgüsse durchschnittlich stärkere Querschnitte besitzen, als die in Sandformen gefertigten und demnach auch längere Zeit glühend bleiben, während aus früher erörterten Gründen Zusätze, welche das Anbrennen erschweren, zur Masse und zum Lehm nur in beschränkterem Masse als zum Formsande gegeben werden können. Die erwähnte, als Ueberzug der getrockneten Gussformen benutzte Flüssigkeit wird Schwärze genannt und besteht aus einem Gemische von Graphit, Holzkohle, Wasser und einem Zusatze, welcher nach der Verflüchtigung des Wassers das Anhaften des Schwärzeüberzugs an der Gussform bewirkt. Gewöhnlich benutzt man hierfür Thon; z. B. 15 l feingemahlener trockener Thon werden in soviel Wasser eingerührt, dass das Ganze eine suppenartige Beschaffenheit erhält, dann setzt man nach und nach 25 kg geschlämmten Graphit und 3 hl Holzkohlenstaub unter fleissigem Umrühren hinzu. Die fertige Schwärze muss träge, etwa wie Sirup fliessen; wird sie zu dickflüssig, so fügt man noch Wasser hinzu. Auch ein Aufkochen des Ganzen ist nicht ohne Nutzen und befördert die innige Mischung. Je dicker die Querschnitte des Abgusses sind und je mehr das Formmaterial zum Anbrennen geneigt ist, desto reichlicher muss der Graphitzusatz im Verhältnisse zu der Holzkohle sein. Beim Ankaufe des Graphits ist Sparsamkeit keineswegs am Platze; denn die billigeren Sorten pflegen auch die aschenreicheren zu sein, und die Bestandteile der Asche sind nicht allein unwirksam, sondern können sogar dem Zwecke des verwendeten Graphits entgegenwirken. Der Zusatz von Holzkohle (welche ohnehin billiger als Graphit ist) gibt der Schwärze eine gewisse Durchlässigkeit, welche das Entweichen entstehender Gase und Dämpfe erleichtert und das Reissen oder Abblättern der Schwärze verhütet. Bei grossem Graphitgehalte der Schwärze und geringerem Zusatze von Holzkohle ist es deshalb zweckmässig, statt des reinen zur Bereitung benutzten Wassers einen wässerigen Auszug von Pferdedünger, welcher reich an Ammoniaksalzen ist, oder auch eine Lösung von Salmiak in Wasser zu verwenden. Beim starken Trocknen verflüchtigen sich jene Salze und lassen die Schwärze ebenfalls in einem porigen Zustande zurück.

Eine vorzügliche Schwärze erhält man auch, wenn man statt des Thonwassers Mehlwasser anwendet, welches durch Kochen von Roggenmehl in Wasser dargestellt wird, und in welches man während des Kochens den Graphit und die Holzkohle einrührt.

III. Die Modelle, Kernkasten und Schablonen.

I. Allgemeines.

Erklärungen. Material. Schwindmassstäbe.

Um eine Gussform oder einen Kern herzustellen, bedarf es eines formgebenden Gerätes, mit dessen Hilfe die inneren Begrenzungen der Gussform oder die äusseren Begrenzungen des Kerns festgelegt werden. Dieses formgebende Gerät kann in zweierlei Weise eingerichtet sein. Es kann erstens, sofern es sich um Herstellung einer Gussform handelt, im grossen und ganzen bereits die äussere Form des herzustellenden Abgusses unter Hinzurechnung des Schwindmasses besitzen, so dass die Gussform gewissermassen einen Abdruck desselben im Formmateriale bildet, und es heisst in diesem Falle Modell; oder, sofern ein Kern gefertigt werden soll, kann jenes Gerät als Hohlkörper erscheinen, als eine Form für den Kern, in welche die zur Herstellung des Kerns bestimmte Formmasse hineingedrückt wird, und es heisst alsdann Kerndrücker oder Kernkasten. Man kann aber auch zweitens, wenn der Abguss oder Kern einen Rotationskörper bildet (Cylinder, Glocke u. a. m.) oder auch, wenn er durch Fortbewegung eines und desselben Profils nach einer bestimmten geraden oder gekrümmten Linie entstanden gedacht werden kann, ein flaches Brett benutzen, dessen Rand nach dem Profile des herzustellenden Körpers ausgeschnitten ist und welches dazu dient, die Umrisse des letzteren durch entsprechende Bewegung (bei Rotationskörpern Drehung) gewissermassen aus dem bildsamen Formmateriale herauszuschneiden; dieses Brett heisst dann Schablone.

Es bedarf kaum einer Erwähnung, dass die Herstellung von Modellen und Kernkasten kostspieliger ist, als die Herstellung von Schablonen, welcher Umstand für Anwendung der letzteren gar oft den Ausschlag gibt, sofern diese Anwendung überhaupt möglich ist.

Das üblichste Material für die Herstellung der Modelle und Kernkasten ist das Holz; wird das Modell oder der Kernkasten aber sehr häufig benutzt, und kommt es auf grosse Genauigkeit der Umrisse an, so bedient man sich auch, sofern das Gewicht nicht allzu bedeutend ausfällt, metallener Modelle, welche dauerhafter als hölzerne und dem Verziehen weniger unterworfen sind. Gewöhnlich giesst man in diesem Falle nach einem Holzmodelle oder auch nach einem Thon-, Wachs- oder Gipsmodelle ein gusseisernes Modell; oder, sofern man das gegossene Modell mit Punzen und Grabstichel nachzuarbeiten beabsichtigt, (bei verzierten Gegenständen) benutzt man Bronze oder Messing. Weniger geeignet ist Zink, welches leichter abgenutzt wird, oder Zinn. Bei Benutzung gegossener Modelle aber ist zu beachten, dass bei dem zweimaligen Giessen (das erste Mal bei Herstellung des gegossenen Modells, das zweite Mal bei Herstellung des Abgusses) doppelte Schwindung stattfindet, und dass diesem Umstande bei Anfertigung des ursprünglichen Modells Rechnung getragen werden muss, wenn es auf genaue Innehaltung bestimmter Abmessungen ankommt.

Einfache Modelle von geringem Querschnitte und ohne Verzierungen (Töpfe, Krippen, Dachrinnen und dergleichen) lassen sich mitunter aus Eisen- oder Kupferblech durch Biegen, Treiben oder Drücken auf der Drehbank herstellen.

Modelle aus Gips, Thon, Wachs, welche aus Bildhauerwerkstätten öfters geliefert werden, pflegt man ohne weiteres nur dann zu benutzen, wenn ihre Abmessungen sehr erheblich sind, oder wenn nur ein einziger Abguss gefertigt werden soll; für mehrere Abgüsse stellt man besser nach dem ersten Modelle zunächst ein Metallmodell durch Giessen dar, wie soeben erwähnt wurde.

Damit man bei Herstellung der Modelle, Kernkasten und Schablonen nicht nötig hat, für jede einzelne Abmessung erst die betreffende Schwindung zu ermitteln, bedient man sich eines sogenannten Schwindmassstabes, auf welchem von vornherein die einzelnen Masse um soviel grösser aufgetragen sind, als die Schwindung des betreffenden Metalls beträgt. Da Gusseisen durchschnittlich $^1/_{96}$ seiner Länge schwindet, hat man einen Schwindmassstab von 1 m Länge für Anfertigung von Gusseisengegenständen in Wirklichkeit 1,0104 m lang zu machen und diese Abmessung wie gewöhnlich in 1000 mm zu teilen, so dass nunmehr jedes Millimeter auch um das Mass der Schwindung grösser ist als das Normalmillimeter. Schwindmassstäbe für Stahlguss würden, wenn man die durchschnittliche Schwindung des Stahls = $^1/_{60}$ annimmt, 1,0166 m statt 1 m lang werden müssen. Bei doppelter Schwindung (für Herstellung von Metallmodellen nach hölzernen) hat man auch dem Massstabe die doppelte Schwindung zuzugeben, ihn also für Gusseisen statt 1 m 1,0208 m lang zu machen u. s. f. [1]).

Kernmarken.

Damit ein Kern, welcher, wie erwähnt, meistens selbständig für sich gefertigt und in die übrigens fertige Gussform eingesetzt wird, hier seine richtige Lage erhalte und diese auch unter dem Drucke des flüssigen Metalls wie unter den sonstigen Einflüssen bewahre, welche eine Verschiebung bewirken könnten, pflegt man ihn etwas länger zu machen, als der inneren Abmessung der Gussform entsprechen würde, und ihn mit dieser zapfenartigen Verlängerung an einem oder an beiden Enden in einer entsprechenden Vertiefung der Gussform zu befestigen. Damit diese Vertiefung bei Anfertigung der Gussform entstehe, muss das Modell oder die Schablone mit entsprechenden Ansätzen versehen sein; diese Ansätze heissen **Kernmarken**. So z. B. stellt die Abbildung Fig. 73 das Modell zu einer Riemenscheibe im Durchschnitte dar, während Fig. 74 die Gussform ebenfalls im Durchschnitte zeigt. *cd* ist der Kern, welcher die Nabenöffnung im Abgusse bildet; damit er seine richtige Stelle erhalte und diese auch während des Giessens nicht verändere, ist das Modell mit den beiden Kernmarken *ab* versehen, und

---

[1]) Ein Universal-Schwindmassstab lässt sich nach G. Oldenburger durch Anwendung eines Kautschukbandes herstellen, welches mit gewöhnlicher Teilung versehen ist und der jedesmaligen Schwindung entsprechend gedehnt wird. Vergl. Dinglers Polyt. Journal, Bd. 242, S. 328.

der entsprechend lange Kern passt genau in die durch diese Kernmarken in der Gussform ausgebildeten Vertiefungen.

Es verdient Erwähnung, dass man die Stirnflächen der Kernmarken, um letztere dem Former zu bezeichnen, schwarz zu färben pflegt, ebenso malt man bei geteilten Modellen, von denen sogleich die Rede sein wird, auf den Teilungsflächen alle Stellen, wo Kerne zu liegen kommen, schwarz.

Teilung und sonstige Einrichtung der Modelle.

Damit aus einer geschlossenen Gussform das Modell entfernt werden könne, muss sie in mindestens zwei, nicht selten in noch mehr einzelne Teile zerlegbar sein. Häufig zerlegt man nun der bequemeren Arbeit halber auch das Modell in ebenso viele Teile wie die Gussform, so dass beim Auseinandernehmen der letzteren jedes Teil auch das zugehörige Modellteil enthält. So z. B. ist das Riemenscheibenmodell Fig. 73

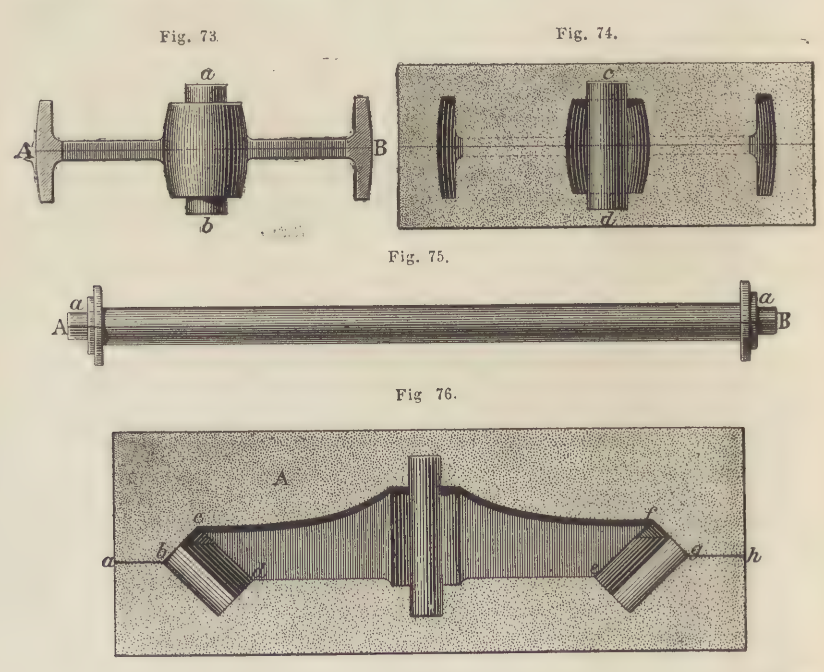


Fig. 73. Fig. 74. Fig. 75. Fig 76.

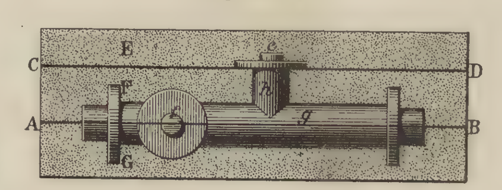
durch eine gerade Ebene nach der Linie A B in zwei gleiche Hälften geteilt, von denen eine jede in einer Hälfte der Gussform zu liegen kommt, wie Fig. 74 zeigt; in derselben Weise ist auch das Rohrmodell Fig. 75 (mit den beiden Kernmarken a a) geteilt, und es ist leicht ersichtlich, dass, sobald die Gussform auseinander genommen ist, jede der Modellhälften sich ohne Schwierigkeit herausnehmen lässt. Die Gussform zu einem Winkelrade, Fig. 76, muss nach der Linie a b c d e f g h geteilt werden, damit das Modell herausgenommen werden kann; bei dem Modelle pflegt man die Arme samt der Nabe von dem Zahnkranze

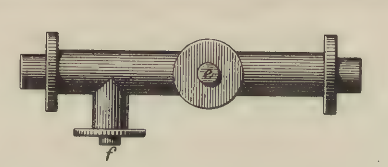
zu trennen, so dass ersteres Stück mit der Hälfte A der Gussform von dem Zahnkranze abgehoben und dann für sich herausgenommen wird.

Wenn in diesen Fällen die Teilung der Modelle zweckmässig, aber nicht unbedingt notwendig war, so sind andere Fälle nicht selten, bei welchen ohne eine Teilung des Modells das Herausheben aus der Gussform gar nicht möglich sein würde. Man denke sich z. B. das Modell zu einem U-förmigen Träger mit Verstärkungsleisten am Rande innerhalb einer ungeteilten Gussform, wie es in Fig. 77 im Querschnitte dargestellt ist. Es ist leicht zu erkennen, dass das Modell, ohne geteilt zu werden, nicht aus der Gussform heraus zu bekommen ist. Trennt man aber die beiden Verstärkungsleisten xx vom Modelle los, wie durch die Linien a b und c d angedeutet ist, so lässt sich zunächst das Hauptteil des Modells aus der Gussform herausziehen; mit einiger Geschicklichkeit kann man alsdann jede der beiden noch in der Gussform steckenden Leisten seitlich in die entstandene Oeffnung hinein und auf diesem Wege aus der Gussform herausholen. Selbstverständlich darf hierbei die Stärke der Leisten nicht beträchtlicher sein als die Stärke des zuvor entfernten Hauptteils.

Fig. 77.

Fig. 78 und 79.





Einen anderen Fall zeigen die Abbildungen Fig. 78 und 79, die Gussform nebst Modell zu einem Scheibenrohre mit zwei angegossenen, ebenfalls mit Scheibe versehenen Rohrstutzen darstellend. Die Gussform muss hier dreiteilig sein, damit das Modell herausgenommen werden kann; auch das Modell ist in derselben Weise wie die Gussform geteilt. Die Linien AB und CD deuten die Teilungsflächen an. Zunächst wird das Stück E der Gussform samt dem darin steckenden Modellstücke — der Scheibe nebst Kernmarke e des Rohrstutzens h — abgehoben und das betreffende Modellstück entfernt; dann folgt das Stück F der Gussform nebst der zugehörigen Hälfte des Modells, welche nun ebenfalls sich ohne Schwierigkeit entfernen lässt, da die Scheibe des Stutzens h, wie erwähnt, bereits mit dem Oberteile der Gussform abgehoben worden war; ebenso wenig schwierig ist schliesslich das Herausnehmen des letzten Modellteils g aus dem zurückgebliebenen Stücke G der Gussform.

Für die Teilung weniger einfacher Modelle lassen sich bestimmte Regeln nicht feststellen; es ist die Aufgabe des Modellarbeiters, die Tei-

lung so vorzunehmen, dass die Herausnahme des Modells aus der Gussform mit dem geringsten Aufwande an Arbeit und mit der geringsten Gefahr hinsichtlich einer Beschädigung der Gussform zu bewerkstelligen ist. Ein einziges Modell besteht demnach nicht selten aus einer grossen Zahl einzelner selbständiger Teile; immerhin ist es aus naheliegenden Gründen wünschenswert, nicht ohne zwingende Veranlassung die Zahl der Teile eines Modells zu vermehren. Die Teilung der Modelle erfordert daher eine genaue Kenntnis des Formereiverfahrens, Umsicht und gewisse Erfahrung. Durch zweckmässige Teilung lässt sich die Arbeit des Formers nicht unerheblich erleichtern.

Damit die einzelnen Teile der Modelle genau ihre bestimmte Lage gegeneinander einnehmen und behalten, sobald das Modell zusammengesetzt ist, versieht man sie auf den Teilungsflächen mit kleinen Dübeln (Stiften), welche genau in entsprechende Löcher des anderen Teils hineinpassen und somit ein Verschieben der Teile aufeinander unmöglich machen.

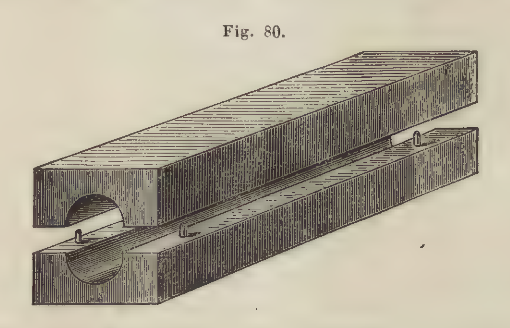
Wollte man einem Modelle, z. B. einem prismatischen Körper oder dem in Figur 77 dargestellten Trägermodelle, vollständig parallele Seitenflächen geben, so würde beim Herausziehen aus der Gussform, zumal bei grossen Modellen, wegen der entstehenden Reibung zwischen den Wänden der Gussform und dem Modelle nicht nur ein grosser Arbeitsaufwand erforderlich sein, sondern, was noch schlimmer ist, die Gussform würde leicht beschädigt werden. Zur Vermeidung dieses Misserfolgs gibt man den Modellteilen stets eine schwache Verjüngung nach dem Ende zu, welches in der Gussform steckt, so dass thatsächlich das Profil des Modells niemals genau rechteckig, sondern trapezförmig ausfällt, aus dem Cylinder ein schlanker Kegel, aus dem Prisma eine schlanke Pyramide wird. Man sagt, die Modelle müssen „konisch" geformt sein. Das Mass dieser Verjüngung (die Konizität) ist zum Teile von dem Materiale abhängig, aus dem das Modell gefertigt wurde; je geringere Reibung es an den Gussformwänden erzeugt, desto geringer kann auch jene Verjüngung sein. Bei sehr glatt bearbeiteten Metallmodellen genügt bisweilen schon $^1/_2$ mm Verjüngung auf 1 m Länge; eine stärkere Verjüngung ist bei Holzmodellen erforderlich; und, wo die Brauchbarkeit des Abgusses durch eine stärker konische Form nicht beeinträchtigt wird, wendet man eine solche gern an, um das Herausheben des Modells zu erleichtern. Muss dagegen der fertige Gebrauchsgegenstand durchaus ein Profil mit vollständig parallelen Seiten erhalten, so bleibt häufig nichts anderes übrig, als das Modell soviel stärker in seinen Abmessungen, als der zum Herausheben erforderlichen Konizität entspricht, zu fertigen, und durch spätere Bearbeitung des Abgusses die Berichtigung des Profils zu bewerkstelligen.

Kernkasten.

Die Einrichtung dieser Geräte ist ziemlich einfach und ergibt sich aus dem über ihren Zweck schon Gesagten. Mindestens an einer Seite, häufig aber zwei gegenüberliegenden Seiten, ist der Kernkasten offen, so dass man das zur Anfertigung des Kerns bestimmte Formmaterial

hineindrücken kann. Damit der fertige Kern leicht herausgenommen werden kann, pflegt der Kernkasten aus zwei Hälften zu bestehen, die während des Einformens mit Hilfe einer Schraubenzwinge oder in ähnlicher Weise zusammengehalten werden. Die richtige Lage der beiden Hälften gegeneinander wird, wie die der Modellteile, durch Dübel und Dübellöcher gesichert. Ein zweiteiliger Kernkasten für cylindrische Kerne (z. B. zu den Nabenkernen von Rädern) ist in Figur 80 abgebildet.

Fig. 80.



Für figürliche Gegenstände, welche hohl gegossen werden sollen, kann man sich einen Kernkasten auf die Weise verschaffen, dass man zunächst die Gussform fertigt, alsdann deren Wände mit gewalzten Platten feuchten Thons von solcher Dicke, als die Metallstärke des Abgusses betragen soll, auskleidet, trocknet und nun diese mit Thon ausgefutterte Gussform als Kernkasten benutzt. Nach dem Herauslösen der Thonplatten kann dann die Gussform für ihren eigentlichen Zweck verwendet werden. Will man dagegen einen Kernkasten für öftere Benutzung herstellen, so kann man eine Gipsform um das Modell fertigen, sie in der beschriebenen Weise auskleiden und dann in Eisen abgiessen. Für Anbringung der erforderlichen Kernmarken am Modelle ist hierbei Sorge zu tragen, und in der zur Anfertigung des Kernkastens bestimmten Form bleiben diese Kernmarken ohne Thonbelag.

Schablonen.

Die Schablonen bilden, wie erwähnt, Profilbegrenzungen und bestehen demnach aus einem Brette oder, für häufige Benutzung, aus einer Gusseisenplatte mit profilierter Kante. Letztere wird, damit sie schärfere Umrisse hervorbringt, sowohl bei hölzernen als eisernen Schablonen etwas zugeschärft. Näheres ergibt sich aus der unten folgenden Beschreibung des Formverfahrens mit Schablonen.

2. Die Modelltischlerei.

Da die überwiegend grösste Zahl der Modelle, Kernkasten und Schablonen aus Holz gefertigt wird, kann auch eine kleine Eisen- oder Stahlgiesserei einer Modelltischlerei zum Zwecke der Neuanfertigung wie der häufig vorkommenden Ausbesserungen jener Geräte kaum entbehren.

Das Holz.

Unter den verschiedenen Holzarten eignet sich für die Zwecke der Modelltischlereien am besten Kiefernholz, auch wohl Fichtenholz, oder, wo dieses nicht zu haben ist, Tannenholz. Alle diese Holzarten besitzen ein geringes spezifisches Gewicht, sind leicht bearbeitbar und verhältnismässig billig. Für manche Gegenstände, bei denen es auf glattere Flächen und etwas grössere Härte ankommt, ist Erlenholz gut brauchbar; vorzugsweise für verzierte Gegenstände, welche geschnitzt oder gedrechselt werden, ist Apfelbaum-, Birnbaum-, Kirschbaum-, Pflaumenbaum- und Eschenholz geeignet.

Eine rechtwinkelig gegen die Achse eines Stammes gerichtete Schnittfläche heisst Hirnfläche und das in solcher Weise geschnittene Holz Hirnholz; eine radial gegen diese Achse gerichtete Schnittfläche heisst Spiegelfläche und das durch eine solche Fläche getrennte Holz Spiegelholz; alles Holz endlich, dessen Hauptabmessungen in der Längenrichtung des Stammes liegt, welches also an den vier langen Seiten durch Flächen parallel zur Achse des Stammes begrenzt ist, wird Langholz genannt. Auf der Hirnfläche sehen wir die Jahresringe des Stammes, gebildet durch das alljährlich neuentstandene Holz, als kreisähnliche, konzentrische Ringe, auf der Spiegelfläche und auf allen Flächen des Langholzes als wellen- oder aderförmige Linien. Ausserdem erblickt man bei verschiedenen Holzarten mehr oder minder deutlich die sogenannten Markstrahlen, auf der Hirnfläche als radiale, dünne, schwach glänzende Linien (bei Nadelhölzern durchschnittlich nur 0,02 mm dick), auf der Spiegelfläche als Bänder von 0,2 bis 150 mm Breite (bei verschiedenen Holzarten abweichend).

Die Festigkeit, Dichtigkeit und Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Verwitterung nimmt von der Mitte des Stammes nach dem Umfange zu mehr und mehr ab. Das aus der Mitte des Stammes entnommene ältere Holz, welches sich durch grössere Festigkeit, Härte und durch eine dunklere Farbe von dem jüngeren, die äusseren Holzschichten des Baumes bildenden Holze auszeichnet, heisst Kernholz oder das Herz; das Holz vom Umfange des Baumes wird Splintholz oder der Splint genannt. Für Gegenstände, bei denen es einigermassen auf Dauerhaftigkeit, Unveränderlichkeit ankommt, ist der eigentliche Splint gar nicht zu gebrauchen.

Eine, die Herstellung dauerhafter Gegenstände aus Holz erschwerende Eigenschaft aller Holzarten ist das Schwinden des Holzes, sowie das als Folge des Schwindens auftretenden Werfen und Reissen. Alles frisch gefällte Holz enthält eine beträchtliche Menge Feuchtigkeit — die Kiefer durchschnittlich 40, die Fichte 45 Hundertteile ihres Gewichts —, welche beim Lagern des Holzes in trockner Luft sich allmählich auf etwa die Hälfte, bei Anwendung künstlicher Trocknung in der Wärme auf noch weniger verringern lässt. In feuchter Luft aber nimmt das getrocknete Holz, in welchem die hygroskopischen Salze des Saftes zurückgeblieben sind, wieder soviel Feuchtigkeit auf, als dem jedesmaligen Feuchtigkeitsgehalte der Luft entspricht. Mit jeder Feuchtigkeitsabgabe ist eine Verringerung des Holzrauminhalts, eben jenes Schwinden, verbunden, während mit der

Feuchtigkeitsaufnahme eine Vergrösserung Hand in Hand geht, die man das Quellen des Holzes nennt. Allgemein nennt man diese unter dem wechselnden Feuchtigkeitsgehalte eintretenden Aenderungen des räumlichen Inhalts das „Arbeiten“ des Holzes.

Nun ist aber der Feuchtigkeitsgehalt an verschiedenen Stellen eines und desselben Baumquerschnitts keineswegs gleich, er ist grösser in dem jungen als in dem älteren Holze, und dementsprechend schwindet auch ersteres — der Splint — stärker als letzteres, das Kernholz. Die Erfahrung lehrt ferner, dass die Schwindung in den verschiedenen Richtungen eines Holzstücks erheblich verschieden ist, wie sich aus dem Gefüge des Holzes unschwer erklären lässt. Durchschnittlich beträgt die Verkürzung der Abmessungen beim Trocknen frisch gefällten Holzes an der Luft

in der Faserrichtung (Längenrichtung) . . $^1/_{10}$ v. H.
„ „ Richtung der Markstrahlen (radialer
„ „ Richtung) . . . . 5 „
„ „ Richtung der Jahresringe (peripheri-
„ „ scher Richtung) . . . . 10 „

der ursprünglichen Masse. Im übrigen ist das Schwindmass der verschiedenen Holzarten auch verschieden; Kiefern- und Fichtenholz schwinden durchschnittlich weniger als Tannenholz und eignen sich aus diesem Grunde besser für die Verarbeitung als letzteres. Endlich aber pflanzt die Austrocknung eines Holzstücks sich von den Aussenflächen nur allmählich nach den inneren Teilen hin fort, geht deshalb nicht gleichmässig von statten und vollzieht sich überhaupt um so rascher und vollständiger, je dünner das betreffende Holzstück ist. Auch an den Hirnflächen eines durchgeschittenen Stammes, wo die Zellen und Gefässe des Holzes durchgeschnitten sind, ihr Inhalt also frei verdunsten kann, geht die Austrocknung rascher als an den Langseiten vor sich.

Wenn nun jenes Schwinden und Quellen schon an und für sich die Herstellung von Holzgegenständen erschwert, bei denen es, wie bei Giessereimodellen, auf genaue Innehaltung bestimmter Abmessungen ankommt, so wird durch die erwähnten Unregelmässigkeiten in dem Verlaufe jener Vorgänge ihr übeler Einfluss noch erheblich verstärkt. Lässt man z. B. einen gefällten Baumstamm oder auch ein vierkantig beschlagenes Holzstück an der Luft austrocknen, so schwinden die äusseren Teile des Holzes, welche saftreicher und der Luft ausgesetzt sind, nicht allein rascher, sondern auch stärker als der Kern; die Folge davon ist, dass zunächst Spannung, dann Risse im Holze entstehen, welche in radialer Richtung von aussen nach innen verlaufen. Wegen der stärkeren Schwindung an den Hirnflächen wird dieses Reissen zuerst dort bemerkbar; da aber das jüngere Holz auch in der Längenrichtung stärker als das Kernholz schwindet, und das Holz dadurch die Neigung erhält, sich nach aussen zu krümmen, so kann hierdurch die Ausdehnung jener Risse bis zur Mitte des Holzes befördert werden, und die, wie durch Spaltung entstandenen, Hälften oder Viertel klaffen dann förmlich auseinander.

Es ist erklärlich, dass dieses Reissen und Aufklaffen vermieden oder doch auf ein geringes Mass zurückgeführt werden kann, wenn man

den frisch gefällten Stamm vor dem Beginne des Austrocknens durch Parallelschnitte nach der Achsenrichtung in lauter einzelne dünne Bretter zerteilt. Hier aber zeigt sich alsbald eine andere Folge des Schwindens. Nur ein einziges dieser Bretter kann aus der Mitte des Baumes genommen sein. Bei allen anderen Brettern befindet sich auf der einen Seite jüngeres, auf der anderen, der Mitte des Baumes zugekehrten Seite älteres Holz. Das jüngere Holz schwindet stärker als das ältere, und das Brett nimmt daher beim Trocknen die Form einer flachen Rinne, deren gewölbte Seite aus dem älteren, deren hohle Seite aus dem jüngeren Holze besteht. Nun wird aber bekanntlich der Durchmesser eines Baumes von der Wurzel bis zur Krone immer geringer; bei jener Teilung in Bretter durch Parallelschnitte zur Achse legt deshalb jeder Schnitt an verschiedenen Stellen auch verschieden altes Holz frei, das älteste an dem der Wurzel zugekehrten, das jüngste an dem entgegengesetzten Ende, und jene Krümmung des Brettes verläuft demnach auch nicht gleichmässig, sondern an einem Ende stärker, am anderen schwächer. Es kommt hinzu, dass auch die Längsschwindung auf der einen Seite des Brettes stärker als auf der anderen ausfällt, und solcherart entsteht dann eine unregelmässige Verziehung (ein Werfen) des ursprünglich ebenen Brettes, es nimmt gewundene Form an und wird, wie der Tischler sich ausdrückt, windschief oder windisch. Je näher dem Umfange des Baumes das Holz entnommen war, desto stärker machen diese Vorgänge sich bemerkbar. Ein windschiefes Brett lässt sich wieder gerade richten, wenn man es auf der hohlen Seite behutsam anfeuchtet.

Diese Vorgänge des Reissens und Werfens schädigen die Brauchbarkeit aller aus Holz gefertigten Gegenstände, also auch der Modelle, Kernkasten und Schablonen, sofern diesen Gelegenheit zum Schwinden oder zum Quellen Gelegenheit gegeben ist. Es ist deshalb bei Anfertigung dieser Gegenstände von Wichtigkeit, Vorsichtsmassregeln anzuwenden, um, soviel als irgend thunlich, jene Vorgänge zu behindern. Diese Vorsichtsmassregeln sind im wesentlichen folgende:

1) *Anwendung gut trocknen Holzes für die Verarbeitung und Ueberziehen der fertigen Gegenstände mit schützenden Körpern, welche die Wiederaufnahme von Feuchtigkeit verhindern.* Beseitigt man in solcher Weise die Ursache des Schwindens und Quellens, so müssen auch die Folgen davon ausbleiben. Damit die Austrocknung möglichst gleichmässig vor sich gehe, muss das Holz bald nach der Fällung in Bretter zerschnitten und nach dem Zerschneiden in einer Weise gelagert werden, dass auch die Schnittflächen ausdünsten können. Zu diesem Zwecke trennt man die einzelnen Bretter durch dazwischen gelegte Klötzchen und stellt sie, wenn irgend möglich, hochkantig auf. Kommen, wie es zur Ersparung an Raum gewöhnlich notwendig ist, mehrere Lagen Bretter übereinander zu liegen, so müssen sie von Zeit zu Zeit umgepackt werden, so dass die untersten Schichten zu oberst kommen, u. s. f. Der Aufbewahrungsort für die Bretter muss luftig, aber vor Regen und Schnee, wie vor der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt sein. In den Tischlereien pflegt man die Bodenräume über den Werkstätten zur Aufbewahrung

der Holzvorräte zu benutzen, und muss dann nur Sorge tragen, dass der Luft frischer Durchzug gestattet ist; ein erhöhter Raum ist immer besser als ein Ort zu ebener Erde, in welchem die Bodenfeuchtigkeit nachteilig sein könnte. Das zunächst für die Verarbeitung bestimmte Holz bewahrt man schliesslich noch einige Zeit in der Werkstatt selbst in sogenannten Hängeböden unter der Decke auf, damit es hier, freiliegend und der Zimmerwärme ausgesetzt, noch besser trockne. Jene Hängeböden bestehen aus schmiedeeisernen ⊔förmigen Bügeln, am Deckengebälk festgeschraubt, in welchen die Bretter gelagert werden.

Da nun aber ein Zeitraum von mehreren Jahren erforderlich ist, damit das Holz gut lufttrocken werde, ist für den Betrieb einer Modelltischlerei wie jeder anderen Tischlerei ein regelmässig ergänzter Holzvorrat, für drei bis vier Jahre ausreichend, unentbehrlich.

Eine Verarbeitung stärkerer Hölzer an Stelle der Bretter ist in den Modelltischlereien selten erforderlich. Wie oben erwähnt wurde, ist das gleichmässige Trocknen solcher Hölzer, insbesondere ganzer Stämme, schwieriger. Man beklebt die Hirnflächen mit Papier oder bestreicht sie mit Oelfarbe, lagert die Stämme auf Querhölzern frei auf, und wenn der ganze Stamm getrocknet werden soll, entrindet man ihn anfänglich nur teilweise nach einer Schraubenlinie.

Ein Trocknen des Holzes in besonderen Trockenkammern, wie es für andere Zwecke wohl üblich ist, kommt im Binnenlande, wo der Feuchtigkeitsgehalt der Luft verhältnismässig gering ist, für Modelltischlereien selten in Anwendung; wohl aber benutzt man, wo es ohne Feuersgefahr geschehen kann, in den Eisengiessereien mit Vorteil die Räumlichkeiten über den zum Trocknen der Gussformen bestimmten Trockenkammern, um dort, wo immerhin eine Temperatur von etwa 30° C. zu herrschen pflegt, die Hölzer vor ihrer Verarbeitung noch einige Monate lagern und austrocknen zu lassen. Ein Austrocknen des Holzes in solcher Temperatur, dass der Feuchtigkeitsgehalt sich auf weniger als 10 v. H. verringert, ist überhaupt nicht zulässig, da alsdann das Holz brüchig wird.

Auch ein Auslaugen des Holzes mit Wasser oder Dampf vor dem Trocknen zur Entfernung der hygroskopischen Reste des Zellsaftes, welche vorzugsweise das Quellen des trockenen Holzes befördern, kommt in den Modelltischlereien nur selten zur Anwendung.

Als Ueberzug zum Schutze der Modelle u. s. w. gegen Aufnahme von Feuchtigkeit benutzt man in der Regel eine Auflösung von Schellack in Weingeist (1 Teil Schellack in 5 Teilen Weingeist), welche mit dem Pinsel aufgetragen wird, rasch trocknet und das Ausheben der Modelle erleichtert.

2) Ein Zusammenfügen des herzustellenden Gegenstandes aus mehreren Teilen mit verschiedener Faserrichtung. Es wird hierdurch das Werfen, Krummziehen des fertigen Gegenstandes erschwert, da das eine Holzstück immer das Verziehen des anderen hindert, solange beide in fester Verbindung sind, und die gesamte Schwindung verringert. Denn da diese Schwindung, wie oben ausführlicher besprochen wurde, vorzugsweise in der Richtung der Jahresringe, also quer gegen die Fasern verläuft, in der Faserrichtung erheblich geringer ist, so schwindet bei der Zusammenfügung eines Gegenstandes aus mehreren

Stücken auch jedes derselben vorwiegend in der Richtung gegen die Fasern, und je kleiner das betreffende Stück ist, desto unbedeutender ist auch dessen Schwindung. Kreuzen sich nun aber die Fasern unter verschiedenen Richtungen, so wird die Schwindung des ganzen Stückes dadurch unmerklicher und verteilt sich gleichmässiger auf die verschiedenen Querschnittsabmessungen; das Werfen des Gegenstandes wird also auch aus diesem Grunde erschwert und zwar um so mehr, je geringer die Grösse und je grösser die Zahl der untereinander zu dem Ganzen verbundenen Teile ist. Einige Beispiele für diese Zusammenfügung der Holzmodelle sind unten bei Besprechung des Herstellungsverfahrens gegeben.

Beim Ankaufe des Holzes, es möge in ganzen Stämmen oder bereits zu Brettern geschnitten gekauft werden, beachte man den Abstand der Jahresringe voneinander und den Lauf der Fasern. Je näher die Jahresringe zusammenliegen, desto dichter, fester, dauerhafter ist das Holz. Sehr weit voneinander stehende Jahresringe kennzeichnen ein poriges, dem raschen Verderben, dem Schwinden und Quellen in erhöhtem Masse ausgesetztes Holz. Zeigen die Fasern einen spiralförmigen Lauf (drehwüchsiges Holz), was häufig schon an der Rinde, deutlicher aber am entrindeten Stamme zu erkennen ist, so ist das Holz nur für ganz gewöhnliche Gegenstände brauchbar, da es einem steten Werfen ausgesetzt ist. Die Hirnfläche des Holzes muss glatt, ohne Risse und Sprünge sein; die Farbe muss allmählich vom Splinte nach dem Kerne zu dunkler werden. Zeigen sich an einzelnen Stellen scharf abgegrenzte Flecke, so ist das ein Zeichen der beginnenden Fäulnis des Holzes. Ein ziemlich sicheres Merkmal für die Beschaffenheit des Holzes bietet der Klang beim Aufschlagen mit einem Hammer. Man legt es für diesen Zweck auf zwei Unterlagen und hält das Ohr an eine der Hirnseiten, während die Schläge an die entgegengesetzte Hirnseite geführt werden. Gesundes und trocknes Holz gibt auch bei grosser Länge der Stämme einen hellen, deutlichen Klang; ist der Klang hohl und dumpf, oder hört man ihn gar nicht, so lässt sich auf grosse Feuchtigkeit, anbrüchige Stellen, Kernrisse u. dergl. schliessen.

Auch astreiches Holz ist wenig tauglich für Tischlerarbeiten.

Die Herstellung der Modelle.

Die Werkzeuge und Geräte, deren der Modelltischler sich bedient, sind die nämlichen, denen man in jeder grösseren Tischlerei begegnet. Unentbehrlich ist ausser den gewöhnlichsten dieser Geräte (Hobelbank, Sägen, Hobel, Stemm- und Stechzeugen, Bohrern u. a.) eine Drehbank für Hand- oder Maschinenbetrieb; zweckmässig eine Band- oder Kreissäge, für grösseren Betrieb auch eine Hobel- und eine Bohrmaschine. Für Werkstätten mit beschränkten Räumlichkeiten hat man sogenannte Universaltischlermaschinen eingeführt, deren jede für verschiedene Zwecke — Sägen, Bohren, Hobeln — benutzbar ist. Hinsichtlich der Einrichtung und Benutzungsweise aller dieser Vorrichtungen muss auf die betreffende Fachlitteratur verwiesen werden [1]).

Auch das Arbeitsverfahren bei Herstellung der Holzmodelle ist im wesentlichen das nämliche wie bei den Tischlerarbeiten überhaupt und

[1]) Z. B.: A. Ledebur, Die Verarbeitung des Holzes auf mechanischem Wege, Braunschweig 1881.

setzt sich zusammen aus dem Aufreissen und Ausschneiden der einzelnen Teile, aus denen die Holzmodelle zusammengefügt werden sollen, dem Zusammensetzen dieser Teile mit Hilfe des Leims, der Nägel oder besonderer Formungsverbindungen (Schwalbenschwanz, Zinken u. a.) und schliesslich der Vollendung der Form mit Hilfe des Hobels, der Stechbeitel u. s. w. Bei dem Aufreissen und Ausschneiden der Teile ist darauf zu halten, dass möglichst wenig Holz zu den Abfällen kommt; schwerer noch wiegt aber die Rücksicht auf die Notwendigkeit, das Schwinden und Werfen des Holzes nach Möglichkeit durch Anwendung der oben besprochenen Kunstgriffe zu vermeiden, insbesondere durch Zusammensetzung der Modelle aus mehreren Stücken mit verschiedener Fasernrichtung. Muss das Modell, um aus der Form herausgenommen werden zu können, aus einzelnen selbständigen Teilen bestehen, so wird jedes Teil für sich gefertigt, mit dem anderen verdübelt und auch wohl vor der äusseren Vollendung verloren zusammengeleimt, damit die Bearbeitung gemeinschaftlich erfolgen kann (z. B. beim Drehen auf der Drehbank). Zwischen die verbundenen Teile leimt man eine Papierlage, welche es ermöglicht, sie nach der Bearbeitung wieder zu trennen, ohne sie zu beschädigen. Einige Beispiele werden das Verfahren hierbei besser als zahlreiche allgemeine Regeln zu erläutern im stande sein.

Modelle für offenen Guss (Herdguss) fertigt man, wenn die Abgüsse verhältnismässig dünn bei grosser Flächenausdehnung werden sollen (Fenster, Gitter, Ofenplatten) gewöhnlich beträchtlich stärker als den Abguss (da sie bei Herstellung der offenen Form ja keineswegs mit ihrer ganzen Stärke in dem Formmateriale abgedrückt zu werden brauchen) und versteift sie durch Querleisten auf der Rückseite. Grosse flache Platten pflegt man auch, wenn sie für geschlossene (zweiteilige) Formen bestimmt sind, mit Querleisten auf der Rückseite (Gratleisten) zu versehen, deren Abdrücke in der Form nach dem Herausnehmen des Modells durch Ausfüllung mit Formmaterial ausgeglichen werden. Die Befestigung der Gratleisten geschieht durch Aufnageln oder, wo eine dauerhaftere Verbindung erforderlich ist, durch einen Schwalbenschwanz mit Nut.

Fig. 81 u. 82.

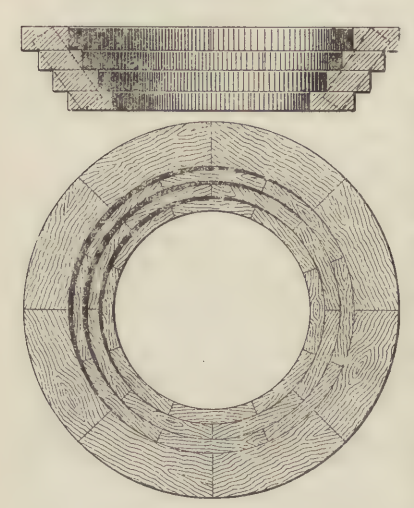
Räder, Riemenscheiben u. s. w. werden aus dem Kranze, den Armen und der Nabe, jedes dieser Hauptteile aber gewöhnlich wieder aus vielen kleinen Stücken zusammengesetzt. Fig. 81 und 82 zeigen die Zusammenfügung des Kranzes eines Riemenscheibenmodells oder einer Hälfte des Modells, sofern es, wie gewöhnlich, geteilt ist. Die einzelnen Segmentstücke werden aus Brettern passend ausgeschnitten, so dass die Faserrichtung, wie die Abbildung zeigt, tangential zum Umfange des Rades läuft, dann werden sie gut verleimt, und schliesslich wird das Ganze auf der Drehbank auf die erforderliche Stärke abgedreht. Besteht das Modell aus zwei Teilen, so wird jedes in der nämlichen Weise für sich verleimt, dann werden beide Hälften mit Dübeln und Dübellöchern ver-

sehen, mit Papiereinlage zusammengeleimt, gemeinschaftlich abgedreht und schliesslich wieder auseinander genommen. Der Kranz zu einem Winkelrade muss in der Weise zusammengefügt werden, wie es die Abbildungen Fig. 83 und 84 erkennen lassen. Die punktierten Linien in Fig. 83 zeigen das Profil des fertig abgedrehten Radkranzes.

Kleine Naben dreht man aus einem einzigen Holzstücke, am besten aus Rundholz, so dass die Achse des Holzes mit der der Nabe zusammenfällt; grössere kann man in der Weise zusammenfügen, wie Fig. 85 und 86 erkennen lassen. Die Kernmarken pflegt man für sich aus einem einzigen Holzstücke zu fertigen und aufzusetzen. Gerade Radarme werden aus Längsholz geschnitten, gebogene dagegen aus mehreren Stücken zusammengesetzt.



Fig. 83 u. 84.



Zähne zu Zahnrädern kann man aus einer längeren Stange schneiden, welcher man den Querschnitt der Zähne gegeben und mit Hilfe einer Schablone auf die Richtigkeit des Querschnitts geprüft hat. Die Befestigung der Radzähne geschieht durch Aufleimen oder durch Einschieben mit Schwalbenschwanz und Nut.

Grosse Modelle werden, wo es angeht, hohl gefertigt, teils um an Holz zu sparen, teils um das Modell leichter und dadurch handlicher für den Gebrauch zu machen, teils auch, weil hohle Körper sich leichter als volle in solcher Weise zusammensetzen lassen, dass sie vor dem Schwinden und Werfen geschützt sind. Ein aus Brettern hergestelltes Gerippe von entsprechender Form wird rings mit aufgeleimten Brettern umkleidet, worauf nunmehr das Ganze von aussen fertig bearbeitet wird. Die Abbildung Fig. 87 zeigt z. B. im Querschnitt die beiden Hälften eines geteilten Modells für einen cylindrischen Körper (Dampf- oder Pumpencylinder, Säule oder dergl.). Auf je zwei, oder bei grösserer Länge noch mehr einzelnen Querstücken a a werden die Bretter, aus denen das Modell gebildet werden soll, und welche ebenso lang als dieses sein müssen, aufgeleimt, dann verdübelt man beide zusammengehörige Teile (für die Anbringung der Dübel und Dübellöcher lassen sich, wie auch in der Abbildung angedeutet ist, die Querwände benutzen), leimt sie verloren mit Papiereinlage zusammen, bringt sie auf die Drehbank, um sie nach der punktierten Linie abzudrehen, und sprengt sie nach Vollendung dieser Arbeit auseinander.

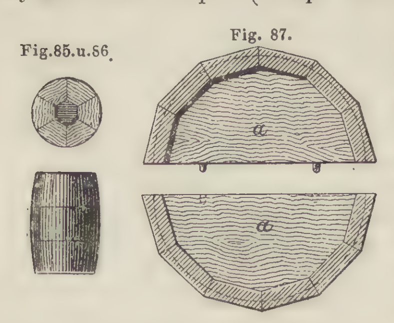


Fig. 85. u. 86. Fig. 87.

Scheiben (für Cylinder und Röhren), Fuss- und Deckplatten (für Säulen) u. s. w. werden aus besonderen Stücken gefertigt und aufgesetzt.

IV. Die Formerei.

I. Die Werkzeuge der Formerei und ihre Anwendung.

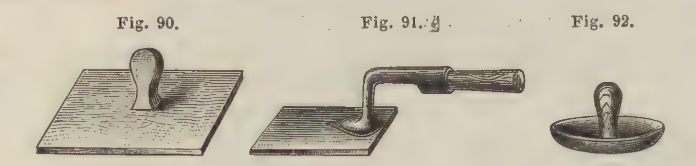
Diese Werkzeuge sind einfach, und die wichtigsten lassen sich in zwei Gruppen teilen: Werkzeuge zum Feststampfen oder Festdrücken des Formmaterials, insbesondere des Sandes und der Masse, und Werkzeuge zur Vollendung der Gussformen.

Fig. 88. 89.

Für den ersteren Zweck dienen Stampfer (Fig. 88 und 89). Die kleineren (Fig. 88) sind aus Gusseisen gefertigt, mörserkeulenartig geformt und an dem oberen Ende mit einer zugeschärften Kante versehen, welche den Zweck hat, das Feststampfen des Formmaterials auch in schmaleren Fugen zu ermöglichen; die grösseren (Fig. 89) haben einen hölzernen Stiel und gusseisernen Fuss. Die Länge des Stiels beträgt gewöhnlich etwa 1 m, kann aber bei sehr tiefen Gussformen, z. B. in der Röhrenformerei, auch bis 3 m oder darüber betragen. Vor der Benutzung wärmt man den Stampfer über einem Kohlenfeuer oder dergleichen etwas an; besonders im Winter ist diese Vorsicht nötig, um das Anhaften des Formmaterials zu verhindern.

Zum Ausbessern und Glätten der Gussformen benutzt man:

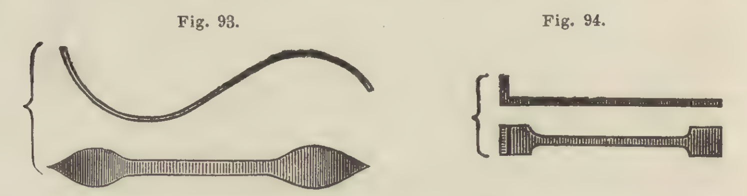
Dämmhölzer, kleine Brettchen aus hartem Holze und sauber geglättet, teils mit, teils ohne Handgriff. Erstere, mit Handgriff versehene, heissen Dämmbretter, letztere, ohne Handgriff, Dämmblätter. Ein Dämmbrett ist in Fig. 90 abgebildet. Man benutzt die Dämmhölzer teils zum Nacharbeiten gerader Kanten der Gussformen, welche beim Herausheben des Modells beschädigt worden waren, teils auch, um Kanten aus freier Hand neu herzustellen, sofern das Modell vielleicht nicht ganz genaue Begrenzungen besass. Ein einfacher Fall der letzteren Art würde es z. B.


Fig. 90. Fig. 91. Fig. 92.

sein, wenn mit Hilfe eines rechteckigen Plattenmodells eine Platte von derselben Breite wie das Modell, aber von geringerer Länge gefertigt werden soll, ohne dass man das Modell kürzen möchte. Man stellt dann zunächst die Gussform in der Länge des Modells her, setzt an der betreffenden Stelle ein Dämmblatt ein, so dass es senkrecht auf

seiner langen Kante steht, und „dämmt“ nun mit Hilfe des Dämmbretts dahinter soviel Sand oder Masse auf, dass die Gussform hier ausgefüllt und in Wirklichkeit um soviel verkürzt wird, als die Stellung des Dämmblatts angibt. Auf dieselbe Weise würde man auch ein kürzeres Rohr, eine kürzere Säule und dergleichen nach einem längeren Modelle fertigen können, indem man die Gussform „abdämmt“, d. h. durch späteres Einformen von Formmaterial unter Benutzung der Dämmhölzer verkürzt; in diesem Falle würde ein Dämmblatt mit bogenförmiger Kante, welches genau in die Gussform hineinpasst, zweckmässiger sein.

Die Streich- oder Polierbleche, Fig. 91 und 92, werden teils zum Verputzen der Gussformen und mitunter an Stelle des Dämmbrettes, teils zum Glätten grösserer Flächen benutzt und dienen bei Sandgussformen, welche mit Holzkohle ausgestäubt werden, auch dazu, die aufgestäubte Kohle glatt an die Wände der Gussform anzustreichen (sie zu „polieren“), sofern diese Wände aus ebenen oder gekrümmten Flächen bestehen, welche eine derartige Bearbeitung ermöglichen, und nicht etwa verziert sind. Man fertigt die Streichbleche aus Schmiedeeisen oder Bronze mit Handhabe und polierter unterer Fläche, welche entweder eben (Fig. 91) oder gekrümmt ist (Fig. 92), je nachdem man


Fig. 93. Fig. 94.

die eine oder andere Fläche der Gussform damit bearbeiten will. Den ebenen gibt man rechteckige oder auch herzförmige Gestalt, im letzteren Falle mit der Spitze an der dem Griffe gegenüberliegenden Seite.

Die Putzehäkchen oder Spatel, Fig. 93 und 94. Sie werden vorwiegend zum Ausbessern schadhafter Stellen der Gussformen benutzt. Mit dem rechtwinkelig gebogenen Häkchen holt man Sandkörnchen oder sonstige fremde Teile, welche in Vertiefungen der Gussform gefallen sind, heraus, mit dem flachen Ende oder mit dem gebogenen Spatel füllt man entstandene kleine Löcher mit frischem Formmateriale aus und glättet die ausgebesserte Stelle. Man fertigt diese Werkzeuge am besten aus Stahl und poliert sie.

Löffel werden teils zum Anschneiden von Einläufen benutzt, d. h. der flachen Kanäle, durch welche das Metall in die Gussform geführt wird, teils auch zur Ausbesserung schadhafter Stellen der Gussform. Man bedient sich meistens eines gewöhnlichen, nicht allzu grossen Blechlöffels aus verzinntem Eisen.

Sonstige, bei Herstellung der Gussformen benutzte Werkzeuge sind:

Siebe, zum Sieben des Formsandes und der Masse, wie auf Seite 189 erwähnt. Sie haben gewöhnlich 0,5 bis 5 mm Maschenweite.

Schaufeln zum Einschaufeln des Formmaterials in die Gussform.

Richtscheite, d. h. lange Lineale aus Holz oder Eisen.

Eine Setzwage wird vorwiegend in der Herdformerei benutzt, um die wagerechte Lage der Gussformen zu prüfen.

Luftspiesse sind lange Nadeln, aus Stahl- oder Eisendraht gefertigt, mit denen man von aussen her feine Kanäle zur Ableitung der beim Giessen sich entwickelnden Gase (von dem Former allgemein Luft genannt) in die Gussform sticht.

Pinsel und ein Wassergefäss dienen zum Befeuchten der vorspringenden, rasch trocknenden Kanten der Gussformen, um ihnen grössere Haltbarkeit zu verleihen.

Ein Blasebalg ohne Spitze wird benutzt, um Staub und fremde Körperchen aus der Gussform zu entfernen.

Schrauben verschiedener Grösse, mit langem, am Ende zu einem Auge umgebogenem Schafte sind notwendige Hilfsmittel zum Herausheben der Modelle. Metallmodelle werden mit entsprechendem Muttergewinde versehen, in welches die Schraube eingedreht wird; an dem Schafte zieht man dann die Schraube samt dem daran hängenden Modelle heraus. Für grössere Modelle sind zwei oder mehrere Schrauben, welche an verschiedenen Stellen eingedreht werden, erforderlich; um das Herausheben des Modells zu erleichtern, steckt man durch die Augen der Schraubenschafte einen hölzernen oder eisernen Querstab, welcher von mehreren Arbeitern oder von dem Krahne ergriffen werden kann. Bei Benutzung hölzerner Modelle müssen die Schrauben mit Spitze und Holzschraubengewinde versehen sein und werden ohne weiteres in das Holz (nicht in Hirnholz) eingedreht.

Einige Hämmer aus Holz und Eisen von verschiedener Grösse dienen zum Lockern der Modelle in den Gussformen vor dem Herausheben und zu anderen Zwecken.

Kerngabeln sind zweizinkige aus starkem Eisenbleche ausgehauene gabelförmige Werkzeuge, dazu bestimmt, kleine aus Masse oder Lehm gefertigte Stücke zusammengesetzter Gussformen — sogenannte Kernstücke — nachdem sie auf die Kerngabel aufgespiesst wurden, von ihrer Stelle zu entfernen, damit das Modell herausgenommen werden kann, und später wieder an ihre Stelle zu bringen.

Staubbeutel (schon früher erwähnt), aus feinem Leinen oder Schirting gefertigt, etwa 400 mm lang, 200 mm breit, dienen zum Aufstäuben von Kohlenstaub auf die Gussformen.

Bürsten (Kardätschen) benutzt man in manchen Giessereien zum Besprengen der Gussform mit Wasser vor dem Aufstäuben der Holzkohle. Andere Bürsten werden zur Reinigung der Modelle von anhaftendem Sande oder Staube vor dem Einformen benutzt.

Schraubzwingen aus Holz oder Eisen dienen zum Einspannen von Formkasten beim Giessen und zu anderen Zwecken.

Zirkel verschiedener Form und Grösse werden vorzugsweise bei der Schablonenformerei zur Prüfung der Abmessungen der Gussformen und Kerne benutzt. Besonders häufig finden sogenannte Tastezirkel mit gebogenen Schenkeln Verwendung, um den Durchmesser cylindrischer Körper zu prüfen.

2. Die Modellformerei.

Allgemeines. Formmaterial. Kernstücke.

Wie der Name sagt, dient bei diesem Formverfahren ein Modell zur Anfertigung der Gussform. Die Kosten des Modells treten demnach den Kosten des Abgusses hinzu, und nicht selten ist der Fall, dass der Herstellungspreis des Modells höher ist als der eines einzelnen Abgusses; aber da die Zahl der nach einem Modelle zu fertigenden Abgüsse unbegrenzt ist, sofern nur das Modell ausreichend haltbar ist, um das öfter wiederholte Einformen zu ertragen, fällt jene Verteuerung um so unbedeutender ins Gewicht, je mehr Abgüsse nach demselben Modelle gefertigt werden, und sie verschwindet vollständig, wenn dasselbe Modell jahrein jahraus wieder benutzt wird. Anderseits ist das Herstellungsverfahren der Gussformen bei Anwendung eines Modells durchschnittlich einfacher und deshalb billiger als bei Anwendung von Schablonen, welcher Umstand im stande sein kann, jene Verteuerung des Abgusses durch die Kosten des Modells auch dann wieder auszugleichen, wenn nur wenige gleiche Abgüsse gefertigt werden, und endlich ist die Form der Abgüsse, welche sich nach Modellen fertigen lassen, weit mannigfaltiger, als der mit Schablonen herstellbaren. Diese Thatsachen erklären es zur Genüge, dass unter allen Gussstücken der Eisengiessereien die bei Weitem grösste Zahl durch Modellformerei hergestellt wird.

Als Formmaterial für die Modellformerei dient fast immer Formsand oder Masse. Der erstere, dessen Anwendung wegen des Wegfalls der Trocknung geringere Kosten verursacht, wird in allen den Fällen benutzt, wo nicht besondere Eigentümlichkeiten der Abgüsse die Anwendung der bildsameren und im getrockneten Zustande härteren Masse erforderlich machen. Zu diesen Eigentümlichkeiten gehören vornehmlich: eine solche Gestalt des Modells, dass bei Anwendung von Formsand das Herausnehmen des Modells aus der Form oder auch das spätere Einlegen der Kerne in die Form ohne Gefahr von Beschädigungen nicht möglich sein würde; eine beträchtliche Höhe der Gussform, so dass beim Giessen teils durch die flüssige Metallsäule ein starker Druck gegen die Wände ausgeübt und die Gefahr einer Erweiterung der Gussform nahe gelegt wird, sofern sie aus dem weicheren, noch feuchten Formsande besteht, andernteils eine Beschädigung der Gussform durch den Stoss des flüssigen Modells zu befürchten ist, wenn sie nicht aus einem genügend harten, widerstandfähigen Materiale gefertigt ist. Endlich pflegt man, wie schon früher erwähnt wurde, die Masse dem Formsande auch dann vorzuziehen, wenn es auf grosse Reinheit der Abgüsse von Gasblasen ankommt, welche bei der Berührung mit dem feuchten Sande entstehen könnten und bei der rascheren Abkühlung der im Sande gegossenen Gegenstände weniger leicht als beim Masseguss entweichen können. Aus diesen Gründen formt man Walzen, Röhren und ähnliche Körper, welche mit senkrechter Achse, also unter starkem Drucke, gegossen werden, in Masse, während bei Gegenständen mit wagerechter Hauptachse — z. B. Säulen, Drehbanksbetten u. v. a. — Sand ausreicht, auch wenn die Längen- und Stärkeabmessungen der

Abgüsse beträchtlich sind; ebenso giesst man Dampfcylinder, Pumpencylinder und ähnliche Gegenstände in Masse, teils, weil auch bei diesen die Achse während des Gusses senkrecht steht, teils, weil die vielgliedrigen Kerne für die Kanäle dieser Gussstücke sich in Sandformen ungenügend befestigen lassen würden, teils auch, weil es hier stets auf eine grosse Reinheit des Gusses von Gasblasen und sonstigen ausgeschiedenen Fremdkörpern ankommt.

Lehm als Formmaterial für die Modellformerei wird nur in seltenen Ausnahmefällen benutzt und zwar dann, wenn wegen Mangels eines passenden Formkastens eine sogenannte freie Gussform nach einem Modelle gefertigt werden muss, welcher Fall u. a. bei dem Gusse grosser Bildsäulen — für die man allerdings häufiger Bronze als Gusseisen verwendet — vorkommt.

Schon früher wurde die Teilung der Modelle in mehrere einzelne Stücke als ein oft unentbehrliches Hilfsmittel bezeichnet, um das Modell aus der Gussform herauszubekommen, ohne diese zu beschädigen. Je stärker gegliedert das Modell ist, desto häufiger muss es in der Regel geteilt werden. So nützlich nun an und für sich jener Kunstgriff einer zweckmässigen Teilung des Modells ist, kann er doch auch, wenn man seine Anwendung allzuweit ausdehnt, mancherlei Uebelstände mit sich bringen. Die einzelnen Teilstücke passen, wenn sie mehrfach benutzt worden sind, oft nicht mehr genügend zusammen, einzelne gehen wohl gar verloren oder werden beschädigt u. s. f. Durch geschickte Teilung der Gussformen, durch Anwendung sogenannter Kernstücke, welche Teile der Gussformen bilden und sich einzeln vom Modelle abheben lassen, so dass dieses frei zum Herausnehmen daliegt, lässt sich mitunter in solchen Fällen eine Teilung des Modells ganz oder teilweise vermeiden. Einzelne Beispiele mögen zur Erläuterung hierfür dienen.

Wollte man die Gussform zu einer Seilscheibe (Fig. 95) nach der Linie AB teilen, so würde das nach derselben Linie geteilte, aber stark unterschnittene Modell nicht aus der Gussform herauszubekommen sein, wie leicht zu erkennen ist. Das Ziel würde sich allenfalls er-

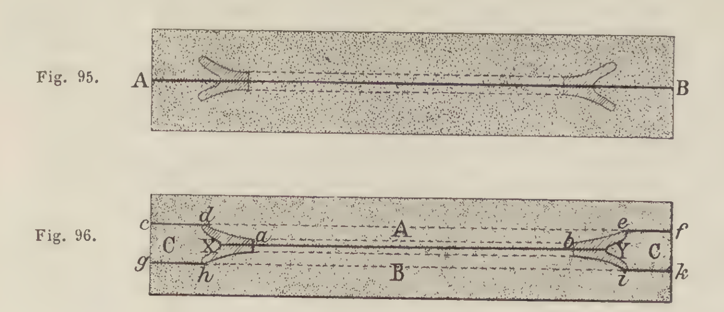


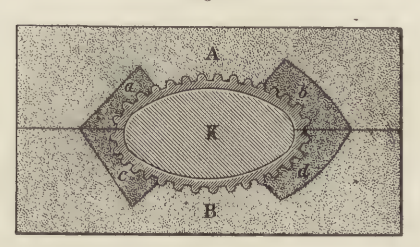
Fig. 95.

Fig. 96.

reichen lassen, wenn man jede der beiden Kranzhälften im Modelle noch in einzelne Segmente zerlegte, von denen eins nach dem andern in radialer Richtung herausgezogen würde. Eine solche Zerlegung des Modells würde aber leicht zu einer Verschiebung der einzelnen Teile beim Ein-

formen und somit einer Ungenauigkeit des Abgusses Veranlassung geben, auch die Anfertigung nicht unerheblich erschweren. Einfacher kommt man zum Ziele, wenn man, wie in Fig. 96, das Modell nach der Linie xy in zwei Teile, die Gussform aber in drei Teile zerlegt, von denen das obere A durch die Linie cdabef, das untere durch die Linie ghabik, das mittlere C durch die Linien cdhg und feik von den benachbarten Teilen geschieden ist. Zum Herausheben des Modells wird zunächst das Gussformteil A abgehoben; die obere Hälfte des Modells liegt nun frei und kann ebenfalls entfernt werden. Nachdem dies geschehen ist, wird das Gussformteil A wieder an seinen Platz gebracht und die Gussform umgewendet, so dass jetzt B zu oberst liegt. Nun verfährt man wie vorhin, nimmt die zweite Modellhälfte ebenfalls heraus und setzt die Gussform wieder zusammen. Das Stück C, welches hier das unterschnittene Profil des Modells umgibt und einen selbständigen Teil der Gussform bildet, um das Herausnehmen des Modells zu ermöglichen, ist das oben erwähnte Kernstück.

Fig. 97.



In ausgedehntem Masse finden Kernstücke bei Herstellung verzierter und figürlicher Gegenstände in der Kunstformerei Verwendung. Es sei z. B. Fig. 97 der Querschnitt durch irgend einen verzierten Gegenstand mit herumlaufendem Perlstabe, dessen Modell wegen dieses Perlstabes sich nicht ohne weiteres aus der Gussform entfernen lässt, wie die Abbildung erkennen lässt. K ist ein Kern, welcher nach Vollendung der Gussform eingelegt wird und ohne Belang für die sonstige Einrichtung der Gussform bleibt. Ist eine mehrfache Teilung des Modells zulässig, so würde diese zum Ziele führen können; im andern Falle formt man zunächst an das Modell die Kernstücke a,b,c,d an, über diese die zweiteilige Gussform A B. Nun wird das Teil A entfernt, während die Kernstücke a und b noch auf dem Modelle liegen bleiben; dann kann man a und b einzeln mit Hilfe der Kerngabel abnehmen und in A an ihrer zugehörigen Stelle befestigen, so dass die obere Modellhälfte frei liegt. Ebenso verfährt man, nachdem die Gussform gewendet wurde, mit dem Teile B und den Kernstücken c und d, worauf das Modell aus der Gussform entfernt wird. Dann kann der für sich gefertigte Kern K eingelegt werden.

Fig. 98 zeigt ein Hochrelief mit verschiedenen Unterschneidungen, wie sich aus dem in Fig. 99 gegebenen Durchschnitte der Gussform nebst Modell nach der Linie A B erkennen lässt. Diese Unterschneidungen verhindern das unmittelbare Herausheben des Modells aus der Gussform; eine Teilung des Modells würde ohne Beeinträchtigung der Schärfe des Gusses nicht möglich sein. Man muss also wieder zur Anbringung von Kernstücken seine Zuflucht nehmen. Einzelne derselben, mit a, b, c bezeichnet, sind in Figur 99 erkennbar; die sämtlichen erforderlichen Kernstücke (a bis f) zeigt Fig. 100, die Ansicht des

Modells von oben mit den darauf liegenden Kernstücken. Beim Herausnehmen des Modells wird zunächst das Teil A der Gussform (Fig. 99) entfernt, hierauf nimmt man die Kernstücke eins nach dem andern vom Modelle ab, um sie in A an ihrem Platze zu befestigen, und kann dann das Modell von dem Stücke B der Gussform ohne Schwierigkeit abheben, da die untere Seite keine Unterschneidungen besitzt.

In derselben Weise wie in den besprochenen Fällen werden auch bei Statuetten, Büsten u. dergl. alle unterschnittenen Stellen, welche das Herausnehmen aus der Gussform unmöglich machen würden, zunächst mit Kernstücken eingehüllt, die später einzeln vom Modelle abgelöst werden können und nach dem Ablösen wieder in die eigentliche Gussform eingesetzt werden.

Fig. 98.



Fig. 99.

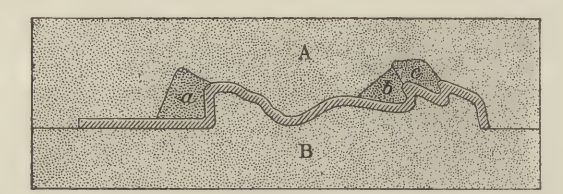
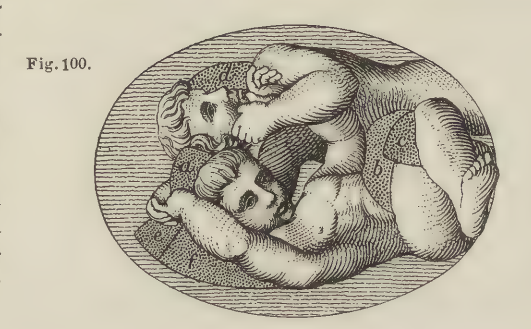


Fig. 100.



Die Herdformerei mit Modellen.

Herd nennt man in der Giesserei eine natürliche oder künstlich hergestellte Lage durchlässigen Sandes, deren Oberfläche in der Ebene der Hüttensohle liegt, und welche eine solche Stärke besitzt, dass man im stande ist, Gussformen durch Eindrücken eines Modells in ihr herzustellen. Indem man also den Erdboden selbst benutzt, die Gussform aufzunehmen, erspart man kostspieligere Vorrichtungen für diesen Zweck und verleiht dem Verfahren der Herstellung der Gussformen eine gewisse Einfachheit, mit welcher wiederum die Kosten dieser Herstellung im Einklange stehen. Anderseits ist eben jener Eigentümlickeit des Herdgusses halber ein Wenden und Fortbewegen der Gussformen gar nicht, ein Zerlegen nur in ziemlich beschränktem Masse und nur bei

Anwendung von Kernstücken möglich, und aus diesem Grunde ist die Anwendung der Herdformerei auf die Herstellung ziemlich einfach gegliederter Gegenstände beschränkt. Die Gase und Dämpfe aber, welche beim Giessen sich rings um den Abguss her aus dem Formmateriale entwickeln, können um so schwieriger entweichen und geben demnach um so leichter Veranlassung zum Misslingen des Gusses, je grösser die Tiefe unter der Erdoberfläche ist, bis zu welcher die Gussform reicht, und hieraus folgt, dass hohe Gegenstände weniger gut als flache, z. B. Platten, für die Darstellung im Herde sich eignen. Endlich aber lässt sich unschwer erkennen, dass die eigentliche Herdformerei, bei welcher eine Teilung der Gussformen nur in beschränktem Masse stattfinden kann, sich vorzugsweise auf den offenen Guss (Seite 193) zu beschränken hat, bei welchem das Metall in der Gussform mit freier Oberfläche und deshalb ohne Einwirkung irgend eines äusseren Drucks erstarrt. Durch Auflegen eines Deckels lässt sich allerdings die Gussform in besonderen Fällen ganz oder teilweise schliessen; bildet aber dieser Deckel schon einen wirklichen Bestandteil der Gussform, so verliert diese dadurch ihre Eigenart als Herdgussform im eigentlichen Sinne und bildet alsdann eine Vereinigung einer Herdgussform mit einer der übrigen Gussformgattungen.

Der erwähnte Umstand, dass die beim Giessen im Herde unterhalb des Abgusses sich entwickelnden Gase und Dämpfe nur an den Seiten einen Ausweg finden, macht die Benutzung eines sehr durchlässigen Sandes als Herdmaterial zur Notwendigkeit. Nur selten ist das natürliche Erdreich in der Giesserei geeignet, ohne weiteres als Herd zu dienen. Gewöhnlich gräbt man es 1 bis $1^1/_2$ m tief aus, soweit der Herd sich erstrecken soll, und bringt nun in die Vertiefung einen mageren, grobkörnigen, scharfkantigen Sand. Ist der Boden feucht oder der Herdsand nicht sehr durchlässig, so empfiehlt es sich, zu unterst eine etwa 20 bis 30 cm hohe Lage von Koks- oder Holzkohlenlösche oder ähnlichen lockeren Körpern aufzuschütten und auf diese erst den Herdsand zu bringen. Der solcherart vorgerichtete Herd dient nun zur Aufnahme der Gussformen; zur unmittelbaren Einfassung, d. h. zum Umstampfen des Modells, wird ein feinerer, bildsamerer, aber immerhin noch durchlässiger Formsand benutzt, welcher nach Erfordernis mit gemahlener Steinkohle versetzt werden kann und überhaupt so zubereitet und geprüft wird, wie die Formsande überhaupt.

Soll eine Gussform hergestellt werden, so besprengt man zunächst den Herd an der betreffenden Stelle mit Wasser, sofern der Sand trocken geworden war, gräbt ihn, um ihn aufzulockern, mit der Schaufel auf und schaufelt das Aufgegrabene gut durcheinander. Dann ebnet man ihn, indem man das Richtscheit darüber hinwegzieht, siebt eine Lage des eigentlichen, entsprechend angefeuchteten Formsandes 1 bis 2 cm hoch darüber und ebnet nun die Oberfläche genau nach der Wage. Zu diesem Zwecke schlägt man zwei Holzleisten mit gradliniger Oberkante in solchem Abstande voneinander, dass zwischen ihnen reichlicher Platz für die herzustellende Gussform bleibt, in den Herd ein und sorgt mit Hilfe der Setzwage dafür, dass nicht nur die Oberkante jeder einzelnen Leiste vollständig wagerecht liege, sondern dass auch beide Oberkanten sich in der nämlichen Wage befinden. Zu letzterem Zwecke legt man das Richtscheit quer über beide Leisten

und setzt die Setzwage darauf. Führt man nun das Richtscheit, während dessen beide Enden auf jenen Leisten aufruhen, über den zuvor in der geschilderten Weise vorbereiteten und mit einer Sandlage bedeckten Herd hochkantig stehend hinweg, so muss dieser eine vollständig wagerechte Oberfläche erhalten.

Das nun folgende Verfahren der eigentlichen Formerei lässt sich am besten mit Hilfe einiger Beispiele erläutern.

Eine ebene Platte zu formen. Das Modell wird aus Holz gefertigt, ist gewöhnlich bedeutend dicker als der Abguss, auf der Rückseite mit Querleisten versehen, auf der Vorderseite glatt gehobelt. Die Längen- und Breitenabmessungen stimmen mit denjenigen des Abgusses (unter Berücksichtigung des Schwindmasses) überein, sofern das Modell nur für den vorliegenden Zweck gefertigt wurde; häufig aber lässt sich auch mit Benutzung eines einfachen Kunstgriffes ein etwa vorhandenes, etwas zu grosses Modell verwenden, ohne erst zerschnitten werden zu müssen, wie später erläutert werden soll. Soll die Platte erhabene Verzierungen, z. B. Randleisten, flache Reliefs, Inschriften u. s. w., erhalten, so werden diese für sich in Holz geschnitten oder in Zinn, Zink, Messing gegossen und mit Stiftchen auf dem Plattenmodelle an der richtigen Stelle befestigt. Das Modell wird mit der Vorderseite nach unten auf den zuvor geebneten und mit Formsand bedeckten Herd aufgelegt; dann legt man das Richtscheit darüber, setzt die Setzwage darauf und klopft nun mit Holzhämmern das Modell unter fortgesetzter Prüfung, ob es auch seine durchaus wagerechte Lage behalte, vorsichtig in den Sand ein. Erst durch dieses Zusammendrücken erhält dieser seine genügende Festigkeit; bei allzu festem Einklopfen jedoch (wenn der Sand schon vorher nicht locker genug lag), verliert die Form an Durchlässigkeit, die Dämpfe können nicht genügend entweichen, das Metall „kocht" in der Form, und der Guss misslingt. An den Rändern aber liegt der Sand noch locker und man umstampft deshalb, sobald das Modell eingeklopft ist, dessen Ränder ringsum mit Formsand unter Benutzung des früher erwähnten Stampfers. Gewöhnlich stampft man diese Sandeinfassung etwas höher als der gewünschten Dicke des Abgusses entsprechen würde. Nunmehr kann man, ehe man das Modell heraushebt, an der einen Seite desselben zunächst den Einlauf anbringen, d. h. die offene Rinne, durch welche das flüssige Gusseisen in die Gussform eintritt. Ein Eingiessen des Metalles unmittelbar in die Gussform ohne Einlauf ist nicht zulässig, da hierdurch leicht eine Beschädigung der letzteren herbeigeführt werden würde. Der Einlauf muss etwas Fall nach der Gussform zu haben und von einem im Herdsande in einigem Abstande von der Gussform angebrachten flachen Sumpfe ausgehen, in welchen man zuerst das geschmolzene Eisen ausgiesst und dessen Boden etwas fester als der der Gussform gestampft ist. Bei der Herdgussform Fig. 71 auf Seite 194 ist rechts der Einlauf sichtbar.

Die Herstellung des Einlaufs geschieht ohne besondere Vorrichtungen unter Benutzung des Blechlöffels und der sonstigen oben erwähnten Werkzeuge aus freier Hand; seine Stärke muss geringer sein als diejenige des Abgusses, damit das im Einlaufe erstarrte Eisen ohne Schwierigkeit und ohne Gefahr einer Beschädigung des Gussstückes

von diesem abgebrochen werden kann; die Stelle, wo der Einguss in die Gussform mündet, sowie die Breite des Einlaufs muss aber von der Beschaffenheit des Gussstückes abhängen. Ist dieses, wie in dem vorliegenden Falle, verhältnismässig schmal, nicht allzu lang und nicht sehr dünn, so dass die Gussform leicht und rasch von dem eintretenden Eisen ausgefüllt wird, so genügt es, den Einguss, wie bei der abgebildeten Gussform, durch eine einzige Mündung mit der schmalen Seite der Form zu verbinden; ist die Form grösser, insbesondere breiter, so gabelt man den Einguss, so dass von dem Sumpfe aus zwei oder auch drei getrennte Kanäle nach der Gussform hinführen und an verschiedenen Stellen des Randes münden, bei noch grösserer Ausdehnung der Gussform muss man nicht selten von zwei Seiten aus giessen, also auch zwei Sümpfe mit ebenso vielen einfachen oder gegabelten Eingüssen anbringen. Letztere Anordnung macht sich besonders bei der Herstellung durchbrochener Gegenstände mit geringer Wandstärke erforderlich, z. B. beim Guss von Fenstern, wo verhältnismässig wenig Metall auf einer grossen Fläche sich ausbreiten muss und vorzeitig erstarren würde, wenn die Gussform nicht rasch mit dem Metalle angefüllt wird.

Besitzt die in der beschriebenen Weise hergestellte Gussform nur geringe Ausdehnung, und ist der Sand sehr durchlässig, so entweichen beim Giessen die Dämpfe ohne Weiteres; meistens jedoch ist es ratsam, das Entweichen zu befördern, indem man mit dem Luftspiesse an den Seiten, wo der Einguss sich nicht befindet, feine Kanäle („Lüfte“) in schräger Richtung vom Rande der Gussform aus möglichst weit unter derselben hin in den Herdsand sticht. Ist der herzustellende Abguss aber sehr lang und breit und sein Gewicht bedeutend, so dass eine starke Dampfentwickelung beim Giessen stattfindet, so genügt dieses Verfahren nicht, da die von aussen her eingestochenen schräg abfallenden Kanäle in der Mitte allzu tief unter der Gussform liegen würden. Man hilft sich in diesem Falle, indem man bei der Herstellung des Herdes Taue mit spitzen Enden in den Sand einlegt, so dass sie einige Centimeter unter der Gussform liegen und von deren Mitte aus nach zwei gegenüberliegenden Seiten hin sich erstrecken, wo ihre dicken Enden zu Tage münden. Ist nun das Modell eingeklopft, so zieht man behutsam die Taue darunter hervor, und jedes hinterlässt einen ausreichend langen Kanal zur Ableitung der „Luft“. Statt der Hanftaue kann man auch Strohseile nehmen, welche an und für sich schon ausreichend locker sind, um der Luft das Entweichen zu gestatten, so dass sie nicht herausgezogen zu werden brauchen. Man vermeidet dadurch die Gefahr einer Beschädigung der Gussform durch das Herausziehen.

Ist in dieser Weise die Gussform vorgerichtet, so wird das Modell vorsichtig herausgehoben und beiseite gestellt, und der Former geht nun daran, etwaige schadhafte Stellen auszubessern, insbesondere den Rand mit Hilfe des Dämmbrettes nachzuarbeiten und festzudrücken. Wie schon erwähnt wurde, pflegt man den Rand etwas höher aufzustampfen oder das Modell etwas tiefer in den Sand einzuklopfen, als der Stärke des Abgusses entsprechen würde. Um nun trotzdem einen Abguss von der richtigen Stärke zu erhalten, würde das zunächst liegende Mittel sein, das Giessen in dem Augenblicke zu unterbrechen, wo die Gussform entsprechend gefüllt ist; sicherer ist es, besonders bei Plattenguss, die

Stärke der Abgüsse durch Anbringung eines oder mehrerer sogenannter „Niveaus" zu regeln. Man bezeichnet hiermit Ausflusskanäle am Rande der Gussform, den Eingüssen gegenüber, deren Unterkante genau so hoch über der Sohle der Gussform liegt, als die Dicke des Abgusses werden soll, und welche das überschüssig eingegossene Metall in einen etwas tiefer liegenden Sumpf ablaufen lassen. Bei der Gussform Fig. 71 bildet der Kanal links ein solches Niveau.

Schliesslich wird die Gussform, wenn der Sand zum Anbrennen geneigt ist, mit Holzkohle ausgestäubt und ist dann zum Gusse fertig.

Steht ein passendes Modell für eine bestellte Platte nicht zur Verfügung, wohl aber ein etwas grösseres, so kann man in folgender Weise verfahren. Auf der Vorderseite des zu benutzenden Modells heftet man kleine Holzleisten derartig auf, dass der Umfang der herzustellenden Platte durch diese Leistchen bezeichnet ist; mit andern Worten, dass man durch die aufgehefteten Leistchen (Marken) zu erkennen im stande ist, um wieviel die herzustellende Platte in der Längen- und Breitenabmessung kleiner werden muss als das zur Verwendung stehende Modell. Nun wird das Modell wie gewöhnlich in den Herd eingeklopft, wobei die Leisten sich im Sande abdrücken. Nachdem es alsdann herausgezogen ist, setzt man da, wo die Leisten sich abgedrückt hatten, ein Dämmblatt ein, füllt dahinter Formsand auf, welcher festgedrückt oder gestampft und mit dem Dämmbrette geebnet wird, und verkürzt auf diese Weise die Gussform um das erforderliche Mass. Alle übrigen Arbeiten sind dieselben wie vorhin beschrieben wurde.

Aehnlich wie bei diesem „Abdämmen" einer Platte verfährt man, wenn das Gussstück mit einer grössern rechtwinkeligen, runden oder andern Oeffnung, z. B. einem Rauchloche in Ofenplatten, versehen werden soll. Auch hierfür ist es nicht erforderlich, die Oeffnung im Modelle selbst auszuschneiden; man bezeichnet nur mit aufgehefteten Leistchen ihre Lage und dämmt dann später, wenn das Modell aus der Gussform entfernt worden ist, die betreffende Stelle in der Gussform mit Sande zu. Ist die Oeffnung durch gerade Linien begrenzt, so genügt hierfür das gewöhnliche Dämmblatt; für runde oder elliptische

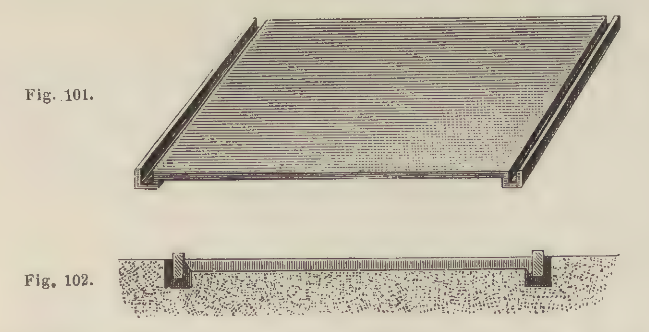


Fig. 101.

Fig. 102.

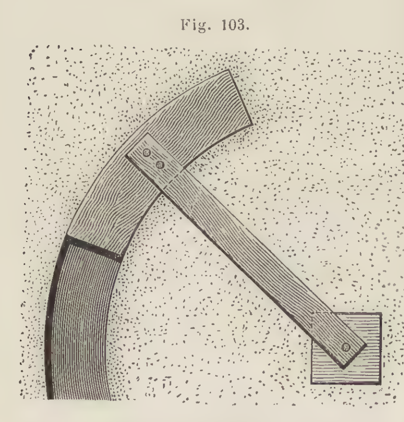
Oeffnungen muss ein Ring von entsprechender Form gegossen oder aus Holz oder Blech gebogen werden, den man in die Gussform einsetzt, inwendig mit Formsand ausstampft und dann von dem zurückbleibenden Sandkörper abzieht.

Eine Platte mit Falz zu formen. Fig. 101 zeigt eine solche Platte, welche für Stubenöfen und andere Zwecke, wo es sich um Zusammenstellung eines Kastens aus einzelnen Platten handelt, nicht selten benutzt wird. Fig. 102 stellt die zugehörige Gussform im Querschnitte dar. Das Einformen an und für sich bietet keine besondere Schwierigkeit und wird in derselben Weise ausgeführt, wie bei schlichten Platten; die Entstehung des Falzes bewirkt man mit Hilfe eingelegter Kerne wie es Fig. 102 erkennen lässt. Als Kerne lassen sich Eisenstäbe von entsprechendem Querschnitte benutzen, die man mit einer dicken Graphitschicht überzogen hat. Mit den beiden Enden ruhen sie im Sande und sind durch aufgelegte Eisenstücke in ihrer Lage festgehalten.

Anwendung von Lehm- oder Massekernen beim Herdguss. Solche Kerne werden nicht selten gebraucht, um Löcher in Herdgussstücke einzugiessen. Das Modell wird hierbei wie gewöhnlich mit Kernmarken versehen, deren Abdrücke in der Form die Stellung der Kerne bezeichnen und ihre Verschiebung verhindern. Stehen aber die Kerne senkrecht, also mit dem oberen Ende frei in der Gussform, z. B. für Herstellung durchgehender Löcher in Gussplatten, so würden sie durch das eintretende flüssige Metall leicht umgeworfen und emporgerissen werden können, da ihr spezifisches Gewicht geringer ist als das des Metalles. Man befestigt sie aus diesem Grunde in der Weise, dass man vom Rande der Gussform her eine Eisenschiene über jeden Kern legt und durch ein darauf gesetztes Gewichtsstück beschwert.

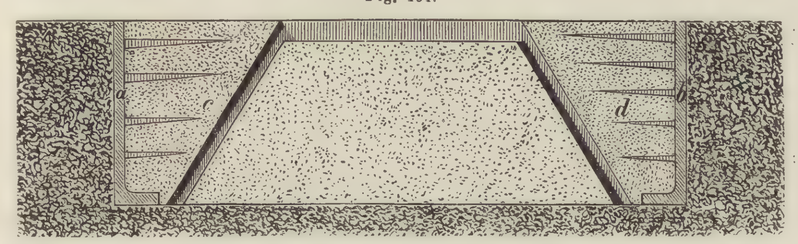
Einen Ring von grossem Durchmesser zu formen. Solche Ringe werden u. a. in der freien Formerei vielfach als Grundplatten für Gussformen benutzt und finden auch für andere gewerbliche Zwecke Verwendung. Man würde den Ring nach einem vollem Modelle mit Hilfe desselben Verfahrens einformen können, welches zur Herstellung von Platten benutzt wird und oben beschrieben wurde; einfacher aber, d. h. mit einem geringeren Aufwande von Modellkosten kommt man in folgender Weise zum Ziele. Statt des ganzen Modells wird nur ein Segment des Ringes — etwa ein Sechstel oder Achtel — gefertigt und an einem hölzernen Arme befestigt, wie Fig. 103 darstellt. In der Mitte der herzustellenden Gussform gräbt man ein starkes Brett oder einen Klotz in den Sand ein, und in denselben wird als Mittelpunkt des Ganzen ein starker Nagel oder Stift eingeschlagen, um welchen der mit einem entsprechenden Loche versehenene Arm sich drehen kann. Der Herd wird wie gewöhnlich vorgerichtet, das Segment darauf gelegt und an beiden gekrümmten Rändern mit Sand umstampft. Nun bewegt man das Segment weiter und fährt in dieser Art fort, bis der ganze Ring geformt ist.

Fig. 103.



Herdguss mit Kernstücken. Dieses Formverfahren wird von geübten Formern nicht selten angewendet, wenn ein passender Formkasten, dessen Anwendung allerdings die Arbeit erleichtern würde, für diesen oder jenen Gegenstand nicht zur Verfügung steht. So z. B. würde ein Schleifsteintrog mit schrägen Wänden (Fig. 104) sich in folgender Weise im Herde formen lassen. Der Herd wird ausgegraben, unterhalb der Sohle der Gussform werden Strohseile zur Ableitung der Gase eingelegt, dann wird die Sohle geebnet und das Modell darauf gesetzt. Der Boden des Modells, welcher in der Form zu oberst liegt,

Fig. 104.



ist zum Abnehmen eingerichtet oder rahmenartig geformt, damit man von oben her Sand zur Ausfüllung des Innern einstampfen kann. Rings um das Modell herum stellt man Eisenplatten a, b auf, welche zuvor im Herde gegossen wurden, an dem unteren Rande mit einspringender Leiste und an den dem Modelle zugekehrten Flächen mit aufgegossenen Zacken zum Festhalten des Sandes versehen sind. Diese Platten bilden die äussere Begrenzung der Kernstücke. Nun formt man die letzteren durch Einstampfen von Sand rings um das Modell herum, so dass jede Seite des letzteren durch ein Kernstück c d begrenzt ist, welches sich einzeln herausheben lässt. Die Berührungsflächen der Kernstücke untereinander werden mit Kohle bestäubt, damit sie nicht zusammenbacken. Dann wird der innere Teil (der Kern) aus sehr durchlässigem Sande (da sämtliche Gase nur nach unten entweichen können) aufgestampft und oben geebnet. Man hebt die Kernstücke eins nach dem andern heraus, verputzt sie, trocknet, wenn es notwendig sein sollte, und kann dann das Modell im ganzen oder in einzelnen Stücken von dem stehenbleibenden Kerne abheben. Letzterer wird verputzt, die oberen Kanten werden durch eingedrückte Formerstifte[1]) vor dem Losreissen geschützt, dann kann man die Kernstücke, deren Stellung durch eingeschlagene Pflöcke oder dergleichen genau bezeichnet war, wieder an ihre Stelle setzen uud an der Rückseite mit Herdsand gut verstampfen.

Die Kastenformerei mit Modellen.

Die Formkasten, Laden oder Formflaschen.

Die in der Ueberschrift genannten Geräte, deren Anwendung das kennzeichnende Unterscheidungsmerkmal der Kastenformerei von anderen

[1]) Formerstifte sind Drahtstifte, jedoch in der Regel mit länglichen, hakenartigen statt runden Köpfen, welche in vorspringende Teile der Gussformen in geringem Abstande von einander eingedrückt werden und diesen Teilen grössere Haltbarkeit verleihen.

Formverfahren bildet, haben den Zweck, eine feste Umhüllung für die Gussform zu bilden, welche es ermöglicht, diese ohne Beschädigung auseinander zu nehmen, fortzubewegen, wieder zusammenzusetzen u. s. w., und welche ausserdem beim Giessen dem Drucke des flüssigen Metalles einen ausreichenden Widerstand entgegensetzt, um jedes Auseinandertreiben der Gussform unter jenem Drucke unmöglich zu machen. In letzterer Hinsicht erfüllt also der Formkasten denselben Zweck wie das Erdreich beim Herdguss; während aber die Herdgussformen da gegossen werden müssen, wo sie geformt wurden, kann die vom Formkasten eingeschlossene Gussform, wenn es zweckmässig erscheinen sollte, an einer ganz anderen Stelle zum Abgusse gebracht werden als da, wo ihre Herstellung bewirkt wurde.

Jede Kastengussform pflegt von soviel einzelnen Formkastenteilen eingeschlossen zu sein als sie selbst Teile enthält; jedes Formkastenteil muss zwar mit dem benachbarten Teile gut zusammenschliessen, bildet aber im übrigen ein selbständiges Ganze. Die Zerlegbarkeit der Kastengussformen weist von vornherein auf die Anwendung der Kastenformerei für Herstellung geschlossener Gussformen hin; offene Gussformen werden einfacher im Herde hergestellt. Die grossen Vorteile aber, welche die geschlossenen Gussformen vor den offenen besitzen: die grössere Mannigfaltigkeit in den Formen der herzustellenden Abgüsse und die grössere Schärfe dieser Abgüsse (Seite 194), lassen es erklärlich erscheinen, dass die Kastenformerei unter allen Formverfahren am häufigsten zur Anwendung gelangt, obschon einer jeden Giesserei alljährlich beträchtliche Kosten durch die Anschaffung neuer und Instandhaltung alter Formkasten erwachsen. Insbesondere bildet bei der Benutzung von Modellen die Kastenformerei gewissermassen die Regel; einen Grund, sie nicht anzuwenden, kann entweder der Mangel eines passenden Formkastens geben oder, sofern offener Guss zulässig und die Gliederung des Modells einfach genug ist, die grössere Billigkeit, insbesondere die niedrigeren Arbeitslöhne, der Herdformerei.

Das üblichste Material für die Formkasten ist Gusseisen. Schmiedeeisen ist leichter biegsam, gewährt daher geringere Sicherheit gegen das Auseinandertreiben grosser Gussformen beim Giessen, und ist der Zerstörung durch Rost stärker als Gusseisen ausgesetzt, welcher Umstand gerade für diese Verwendung nicht unwichtig ist, da die Formkasten sowohl beim Giessen als später beim Lagern im Freien zerstörenden chemischen Einflüssen in ziemlich starkem Masse preisgegeben sind. Holz wird ausnahmsweise zur Herstellung eines Formkastens benutzt, wenn für einen einzelnen Abguss ein passender Kasten nicht vorhanden ist, eignet sich jedoch aus naheliegenden Gründen nicht für regelmässige Benutzung.

Einen einfachen zweiteiligen Formkasten, für die Herstellung kleinerer Abgüsse bestimmt, zeigen die Abbildungen Fig. 105 und 106. Er hat rechteckigen Grundriss und besteht aus zwei gusseisernen Rahmen, deren Abmessungen in Länge, Breite und Höhe den Abmessungen des einzuformenden Modells entsprechen müssen, so dass dieses bequem darin Platz findet und dass ringsherum noch ein Raum von einigen Centimetern Breite zur Ausfüllung mit Formmaterial bleibt. Ein kleines Modell lässt sich zwar auch in einem grossen Formkasten

einformen; aber die Menge des erforderlichen Formmaterials und die Arbeit des Einformens ist dann verhältnismässig grösser, die Arbeit kostspieliger. Aus diesem Grunde bedarf eine jede Giesserei nicht allein eines ziemlich grossen Formkastenvorrats, damit der Former im stande sei, sich für jedes Modell einen möglichst genau passenden Formkasten auszusuchen, sondern man kann auch, wenn es sich um Herstellung zahlreicher Abgüsse nach dem nämlichen Modelle handelt, gewöhnlich an Zeit und Arbeit sparen, wenn man sich für diesen Zweck besondere Formkasten anfertigt. Aus demselben Grunde verwendet man neben den Formkasten mit rechteckiger Grundfläche auch quadratische, polygonale, kreuzfömige (für Grabkreuze) u. a., wie es dem Grundrisse des Modells am besten entspricht; und statt des rechtwinkeligen Profils des Formkastens im Aufrisse, welches Fig. 106 zeigt, wird man zur Ersparung an Formmaterial und Zeit jeder Formkastenhälfte die Hälfte eines Sechsecks zum Profil geben (Fig. 107), wenn cylindrische Körper — Säulen u. dergl. — in dem Formkasten gefertigt werden sollen.

Fig. 105.

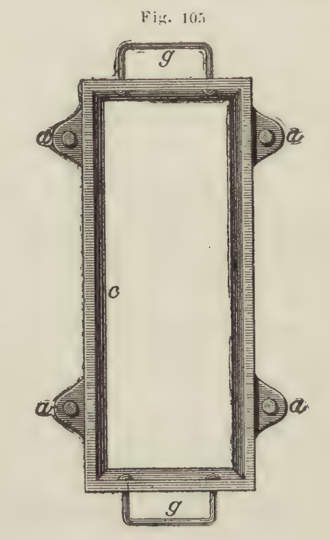
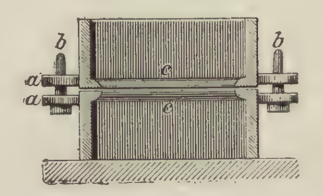
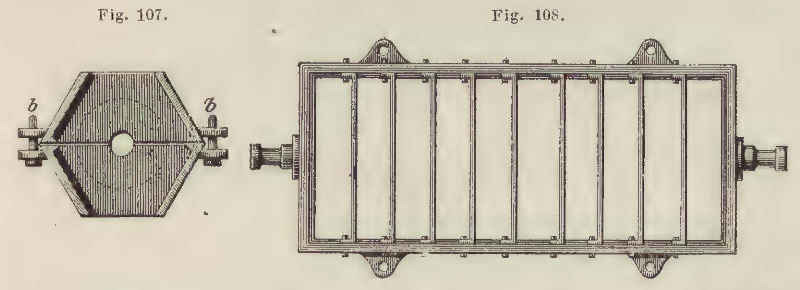


Fig. 106.



Die Flächen, mit denen zwei Formkastenhälften sich berühren, müssen gut aufeinander schliessen, und werden deshalb für genaue Arbeit gehobelt. Damit aber die Hälften stets wieder aufeinander passen und, wenn der Formkasten zusammengesetzt ist, nicht gegeneinander verschoben werden können, versieht man beide Hälften mit angegossenen Ohren a a (Figur 105 und 106) und befestigt (durch Vernieten oder Verschrauben) in den Ohren des einen Teils aufrechtstehende schmiedeiserne Dübel (Stifte) b b, welche durch entsprechende Löcher

Fig. 107. Fig. 108.



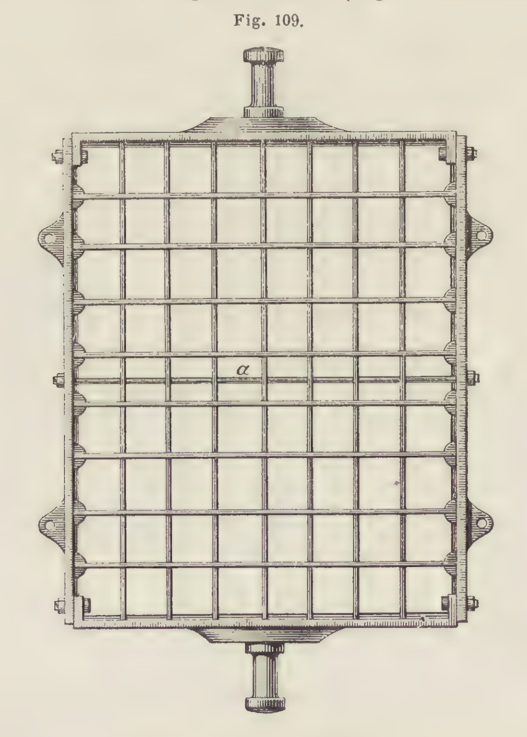
in den Ohren des andern Teiles hindurchgehen. Je genauer die Dübel der einen Hälfte in die Löcher der anderen hineinpassen, ohne einen

Spielraum zu finden, desto sicherer schliessen die beiden Hälften zusammen, desto weniger ist eine Verschiebung auf einander zu befürchten. Für einigermassen genaue Arbeit dreht man deshalb die Dübel auf der Drehbank ab und bohrt die Löcher genau entsprechend dem Durchmesser der Dübel. Bei grösseren Formkasten versieht man auch wohl die Dübel mit je einem hindurchgehenden Schlitze, um mit Hilfe eines hindurchgesteckten Splints (Keils) die Teile vor dem Giessen fest zusammenspannen zu können.

Damit beim Abheben des „Oberkastens“ (der obern Formkastenhälfte) von dem „Unterkasten“ (der untern Formkastenhälfte) nicht das Formmaterial aus dem ersteren herausfalle, ist dieser ringsherum an dem unteren Rande mit einer schmalen, nach innen vorspringenden Leiste c, der Sandleiste versehen. Gibt man, wie bei dem abgebildeten Formkasten 105 und 106, beiden Formkastenhälften solche Sandleisten, so kann man nach Belieben jede als Oberkasten benutzen.

Zum Heben und Fortbewegen der Formkastenteile dienen, wenn ihr Gewicht nicht bedeutend ist, bügelförmige Handhaben, welche einander gegenüber an den schmalen Seiten der Teile angenietet werden (g g in Fig. 105); bei grösseren Formkasten, welche mit Hilfe des Krahns gehoben werden müssen, sind diese Handhaben durch kräftige, am besten geschmiedete, Zapfen ersetzt (Fig. 108 und 109), welche

Fig. 109.



ebenfalls entweder eingenietet oder eingeschraubt sind. Um das Ausbrechen der Formkastenwand an dieser Stelle zu verhüten, gibt man

ihr bei grösseren Formkasten eine entsprechende Verstärkung wie bei dem Formkasten Fig. 109. Diese Zapfen werden von den umgelegten Krahngehängen oder Bügeln erfasst; zur Vermeidung des Abgleitens werden die Zapfen an den Enden mit einem herumlaufenden Bunde versehen.

Bietet der Formkasten eine grosse Oberfläche dar, so würden die oben erwähnten Sandleisten allein nicht ausreichend sein, das Herausstürzen des Formmaterials beim Anheben des Formkastens zu verhindern. Das eigene Gewicht des Formmaterials würde, sofern man nicht besondere Vorkehrungen anwendet, eine Senkung der mittleren Teile der Form bewirken, und ein Bruch der Form würde die Folge sein; beim Giessen aber würde der Druck des flüssigen Metalles die entgegengesetzte Wirkung äussern: das Formmaterial würde um so stärker, je weiter nach der Mitte zu, aus dem Kasten herausgehoben werden. Es ist also erforderlich, sobald die Breite der Formkasten einigermassen beträchtlich ist, den Oberkasten mit querlaufenden Scheidewänden in Abständen von 10 bis 20 cm zu versehen, welche ihn in einzelne kleinere Felder einteilen (Fig. 108). Das ganze Oberteil der Gussform erhält hierdurch eine bedeutende Festigkeit, welche es sowohl vor dem Herausfallen als dem Emporgedrücktwerden schützt. Jene Scheidewände (Zwischenwände, auch „Zwischenscheide" genannt) werden bei weniger grossen, für bestimmte Zwecke bestimmten Formkasten bisweilen eingegossen; in grössere Kasten setzt man sie zweckmässigerweise einzeln ein und befestigt sie durch Schrauben, wie bei dem Formkasten Fig. 108, oder schiebt sie zwischen senkrechten an die Formkastenwände angegossenen Einschiebleisten ein, wie bei dem Formkasten Fig. 109. Sofern nämlich, wie es meistens der Fall ist, das Modell in den Oberkasten hineinragt, müssen die Zwischenwände dem Profile dieses hineinragenden Teiles entsprechend ausgeschnitten sein, so dass ihr Rand immer noch mindestens 15 mm von dem Modelle entfernt bleibt; es ist demnach auch nicht selten eine Auswechselung der Zwischenwände erforderlich, wenn ein anderes Modell in dem Formkasten eingeformt werden soll. Diese Auswechselung würde bei Anwendung eingegossener Zwischenwände nicht möglich sein. Die einzelnen Zwischenwände werden gewöhnlich in Herdguss dargestellt. Hölzerne Zwischenwände, aus tannenen oder kiefernen Brettern geschnitten, wendet man an, wenn nur ein einziger Abguss oder doch nur sehr wenige Abgüsse nach einem bestimmten Modelle, welches die Anbringung neuer Zwischenwände erforderlich macht, gefertigt werden sollen; bei öfterer Benutzung werden die hölzernen Zwischenwände untauglich und müssen durch neue ersetzt werden.

Besitzt der Formkasten eine bedeutende Breite, so dass jede einzelne Zwischenwand lang und deshalb dem Verbiegen ausgesetzt ist, so müssen zwischen den einzelnen Scheidewänden noch Versteifungen angebracht werden, wie bei dem abgebildeten Formkasten Fig. 109 zu sehen ist. Sie bestehen aus Querstücken, welche zwischen je zwei Scheidewänden eingeschoben werden, in parallelen Reihen von einer Seite des Formkastens zur andern hinübergehen und gewöhnlich aus Holz hergestellt werden. Ihre Befestigung geschieht meistens nur durch Einklemmen zwischen den Scheidewänden, wobei durch ein Paar Holzkeilchen ihre Stellung noch mehr gesichert werden kann.

Kleinere Formkastenrahmen giesst man in einem Stücke; grössere dagegen, wie z. B. der in Fig. 109 abgebildete, werden aus je zwei Giebelstücken und zwei Längsstücken zusammengeschraubt. Diese Einrichtung gewährt mancherlei Vorteile. Die Anfertigung wird dadurch erleichtert; ausserdem erhält man die Möglichkeit, mit einer geringeren Zahl vom Formkastenstücken durch entsprechende Zusammenstellung Formkasten verschiedener Grösse herzustellen, sofern nur die Höhe aller Stücke übereinstimmt. Hat man z. B.

1	Paar	Längsteile	je	3	m	lang,
1	„	„	„	4	m	„
1	„	Giebelstücke	„	1	m	breit,
1	„	„	„	1 1/2	m	„

so kann man aus diesen Stücken, welche in Verbindung miteinander offenbar nur zwei Formkastenteile geben würden, durch Austausch deren vier verschiedene herstellen; nämlich

1	Formkasten	3	m	lang,	1	m	breit,
1	„	3	m	„	1 1/2	m	„
1	„	4	m	„	1	m	„
1	„	4	m	„	1 1/2	m	„

Allgemein lassen sich aus den Stücken zu a Formkastenteilen, also aus a Paar Giebel- und a Paar Längsstücken $a \times a$ verschiedene Formkastengrössen zusammenstellen. Die Anwendung dieses Kunstgriffes ist nicht ohne Wichtigkeit, da grosse Formkasten kostspielige Inventarstücke sind und zu ihrer Aufbewahrung ziemlich viel Platz beanspruchen, es also wünschenswert ist, den Bedarf daran soviel als thunlich einzuschränken.

Trotz der grossen Steifigkeit, welche das Gusseisen gegen Verbiegung besitzt, ist doch bei Formkasten von grosser Länge mitunter zu befürchten, dass ihre Seitenwände durch den Druck des flüssigen Metalls aus ihrer Ebene herausgebogen werden und dadurch der Guss misslinge. Man schützt sie in diesem Falle durch einen Queranker a (Fig. 109), welcher von einer Formkastenwand zur andern hinübergeht und mit Kopf und Mutter versehen ist. Bei Anwendung eingeschraubter oder eingegossener Zwischenwände ist diese Verankerung entbehrlich, da jene Zwischenwände selbst als Queranker wirken und dem ganzen Formkasten eine grosse Steifigkeit verleihen [1]).

Für dreiteilige Gussformen, welche z. B. für das Einformen des in Fig. 78 auf Seite 211 abgebildeten Rohrstutzenmodells erforderlich sein würden, muss fast immer auch ein dreiteiliger Formkasten statt der bisher besprochenen zweiteiligen benutzt werden. Das Mittelteil

---

[1]) Da ein gutschliessender zweiteiliger Formkasten ein ziemlich kostspieliges Inventarstück ist, wendet man bei Massenanfertigung gleicher Gegenstände mitunter sogenannte Abschlagformkasten an, welche nach beendigtem Einformen von der Gussform abgenommen werden, um sofort für Herstellung einer neuen Gussform benutzbar zu sein. Als Schutz beim Giessen pflegt die Gussform in diesen Fällen eine Umhüllung in Form eines einfachen eisernen Rahmens zu bekommen, welcher beim Einformen von dem eigentlichen Formkasten umschlossen ist. Näheres hierüber: Zeitschr. d Ver. deutsch. Ingenieure 1878, Seite 33; 1891, Seite 1191. Dinglers Polyt. Journal, Band 242, Seite 56.

dieser dreiteiligen Kasten ist an dem obern wie an dem untern Rande mit angegossenen Ohren versehen und in derselben Weise wie die zweiteiligen Formkasten durch Dübel und Dübellöcher mit Unter- und Oberkasten verbunden.

Für manche Zwecke jedoch kann es nützlich sein, auch das Mittelteil der dreiteiligen Formkasten für sich wieder in zwei oder noch mehr Teile zerlegbar zu machen. Die Abbildung Fig. 110 zeigt einen solchen Formkasten mit zerlegbarem Mittelteile, zum Gusse von Eisenbahnbufferhülsen oder ähnlich gestalteten Gegenständen bestimmt, welche mit senkrechter Achse gegossen werden sollen. Die Umrisse des Modells sind durch Punkte in der Abbildung angedeutet. Man wird leicht erkennen, dass, wenn das Modell eingeformt und der Oberkasten abgehoben ist, das Modell aus dem Mittelkasten sich nur entfernen lässt, wenn dieser wiederum aus zwei, durch senkrechte Fugen geschiedenen Hälften besteht, welche in wagerechter Richtung auseinander genommen werden können, während des Einformens und während des Giessens

Fig. 110.

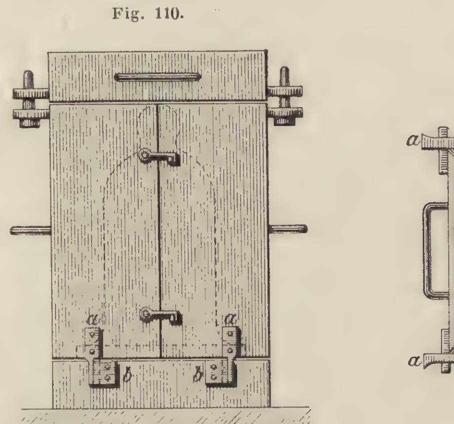
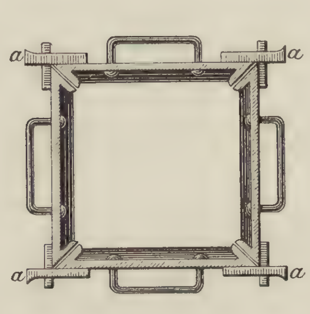


Fig. 111.



aber durch Klammern zusammengehalten werden. Die Verbindung zwischen Mittel- und Unterteil darf hier nicht, wie gewöhnlich, durch Dübel- und Dübellöcher bewirkt werden, welche das Auseinandernehmen der Hälften des Mittelteils verhindern würden. Bei dem abgebildeten Formkasten ist deshalb die richtige Stellung des Mittelkastens gegen den Unterkasten durch angenietete Leisten a a gesichert, welche, wenn der Formkasten zusammengestellt ist, hinter entsprechende, am Unterkasten befestigte Nasen b b treten, sich aber leicht, die eine nach rechts, die andere nach links, mit der betreffenden Kastenhälfte verschieben lassen. Ist eine Zerlegung des Mittelteils in vier Teile erforderlich, welcher Fall z. B. in Ofengiessereien bei der Herstellung verzierter Ofenkasten häufig vorkommt, so legt man bei vierseitigem Grundrisse die Teilungsebenen diagonal durch die Eckpunkte. Die Verbindung der Stücke unter sich wie mit dem Ober- und Unterteile kann wieder in ähnlicher Weise geschehen, wie soeben besprochen

wurde. In Fig. 111 ist ein solches viergeteiltes Mittelteil im Grundrisse abgebildet, a a . . sind die Klammern zum Zusammenhalten der Teile.

Die Dübel, Handhaben und Klammern bilden zusammen den Beschlag des Formkastens, werden vom Schlosser gefertigt und am Formkasten befestigt. Bei der häufig vorkommenden Anfertigung neuer Formkasten oder Reparatur alter kann deshalb eine Eisen- oder Stahlgiesserei einer, wenn auch kleinen, Schlosserwerkstätte nicht entbehren.

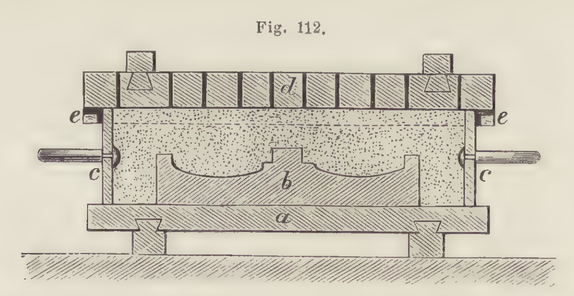
Ein besonderes Mittel, das Formmaterial vor dem Herausstürzen aus dem Oberkasten zu bewahren, falls die Zwischenwände allein noch nicht die genügende Sicherheit dafür geben sollten, ist die Anwendung sogenannter Gehänge. Man versteht hierunter Sförmig gebogene Stäbe aus Gusseisen oder Schmiedeeisen, welche mit dem einen Ende auf der Oberkante der Zwischenwände ruhen, mit dem anderen Ende bis kurz über das Modell herunterhängen. Sie werden vornehmlich dann angewendet, wenn ein Teil des Formmaterials, welches mit dem Oberkasten emporgehoben wird, weit unter dessen Unterkante hinabreicht, gewissermassen einen hängenden Kern für eine im Unterkasten befindliche Höhlung der Gussform bildend. Sie erschweren das Herausfallen des Formmaterials, so lange der Oberkasten in wagerechter Lage emporgehoben wird, machen aber ein Umwenden unmöglich, weil sie nur lose auf den Zwischenwänden aufliegen und beim Wenden herausfallen würden. Bei gutem Formmateriale und zweckmässig eingerichteten Zwischenwänden sind sie meistens entbehrlich.

Beispiele der Kastenformerei.

1. Herstellung einfacher Gegenstände im zweiteiligen Formkasten. Das in Folgendem beschriebene Verfahren, welches für kleinere Gegenstände fast ohne Ausnahme angewendet wird, kann gewissermassen als die Urform der Kastenformerei betrachtet werden; alle übrigen Verfahren sind Abweichungen von dieser Urform, durch die besonderen Eigentümlichkeiten der herzustellenden Abgüsse bedingt.

Es ist dazu ein Lehrbrett (auch Lehrboden oder Modellbrett genannt) a (Fig. 112) erforderlich, aus Tannen- oder Kiefern-

Fig. 112.



holz gefertigt, durch eingeschobene Querleisten vor dem Werfen geschützt und an der obern Seite eben gehobelt. Die Länge und Breite des Lehrbrettes ist ein wenig grösser als diejenige des Formkastens, so dass dieser bequem auf dem Brette Platz findet, die Formkastendübel

aber, wenn der Kasten in umgekehrter Lage auf dem Brette ruht, noch über den Rand des letzteren übergreifen können. Auf das Lehrbrett wird das Modell, oder die in den Unterkasten kommende Hälfte des Modells b gelegt, so dass die beim Gusse oben befindliche Seite jetzt unten liegt, und dann der Unterkasten c ebenfalls in umgekehrter Lage, also mit seinem oberen Rande auf dem Brette ruhend und mit abwärts gerichteten Dübeln, darüber gestülpt. Eine Teilung solcher Modelle, welche zum Teile in dem Oberkasten zu liegen kommen, ist aus dem Grunde zweckmässig, damit die dem Unterkasten zugehörige Modellhälfte ihre richtige Lage auf dem Lehrbrette erhalte. Nun wird mit einem entsprechend feinen Siebe etwas frischer Formsand (Modellsand) oder Masse auf das Modell gesiebt, so dass dieses rings davon umgeben ist, vorsichtig mit der Hand angedrückt, und dann wird mit der Schaufel gröberer, aber ebenfalls durchgesiebter Formsand nachgeworfen. Nun folgt das Festdrücken (Feststampfen) des Formmaterials mit Hilfe der früher beschriebenen Stampfer. Dieses „Einstampfen" des Modells erfordert einige Umsicht, besonders wenn Formsand, nicht Masse, benutzt wird. Stampft man zu fest, so wird die Gussform zu dicht, die Dämpfe finden beim Giessen keinen Ausweg, das Eisen kocht in der Form und wird bisweilen sogar wieder herausgeschleudert; stampft man zu lose, so erhält die Gussform nicht die erforderliche Festigkeit, die Wände geben dem Drucke des flüssigen Metalls nach, die Gussform erweitert sich (der Guss treibt), der Abguss wird grösser als er werden soll. War endlich das Formmaterial nicht gleichmässig, an einer Stelle fester als an der anderen, gestampft, so zeigt sich dieses Treiben des Gusses durch Entstehung von Beulen überall da, wo nicht fest genug gestampft war. Von der Beschaffenheit des Formmaterials hängt es also ab, wie fest man zu stampfen hat. Masseformen, welche überhaupt verhältnismässig wenig Wasserdampf entwickeln, müssen fester als Sandgussformen gestampft werden; für den Guss im grünen Sande muss durchschnittlich um so fester gestampft werden, je magerer der Sand ist. Besitzt das Modell starke Gliederungen, Vertiefungen, so muss hierauf Rücksicht genommen werden, damit das Material überall gleichmässig fest das Modell umgebe. Ist der Formkasten klein, niedrig, so geschieht das Feststampfen des gesamten Formmaterials in einem Male, bei grösseren Formkasten muss mehrmals nachgeschaufelt und das Material in einzelnen Lagen übereinander festgestampft werden. Man setzt das Einschaufeln und Feststampfen fort, bis das Formkastenteil bis etwas über den Rand hinaus angefüllt ist. Nun streicht man mit einem eisernen Lineale (in einzelnen Gegenden Beileger genannt) das überstehende Material glatt weg, so dass die obere Fläche eine gerade, von dem Rande des Formkastens begrenzte Ebene bildet, streut etwas lockeren Sand darüber und legt ein zweites Brett d auf, welches man zum Unterschiede von dem anderen Unterlage oder Unterlagsbrett zu benennen pflegt. Es bildet später beim Giessen die Unterlage des Formkastens und ist, damit die aus dem Formkasten nach unten hin austretenden Gase entweichen können, mit durchgehenden kleinen Löchern versehen; an der einen Längsseite dieses Brettes ist eine Holzleiste e aufgenagelt, welche sich gegen den Rand des Formkastens legt. Dann wendet man den Formkasten, während er zwischen beiden Brettern

festliegt, so dass das Brett d nach dem Wenden zu unterst, das Brett a sowie das Modell b oben liegen. Das Einschliessen des Formkastens zwischen den Brettern beim Wenden ist nötig, weil sonst das Formmaterial aus dem Unterkasten, welcher keine Zwischenwände zu enthalten pflegt, leicht herausfallen würde; nur wenn der Formkasten mit Zwischenwänden und Sandleisten versehen ist, lässt er sich auch ohne diese Vorsichtsmassregel umkehren. Beim Wenden stützt sich der Formkasten gegen die Leiste e, welche es verhütet, dass er zwischen den Brettern herausrutsche. Bei kleineren Formkasten spannt man die Bretter mit den Händen fest, indem man mit den Daumen unter das Brett a, mit den übrigen Fingern über das Brett d greift; bei grösseren Formkasten, zumal wenn sie mit Hilfe des Krahns gewendet werden müssen, ist die Anwendung eiserner, bügelförmiger Klammern erforderlich, deren beide Schenkel über den Rand der Bretter greifen und hier mit Holzkeilen befestigt werden. Bei Benutzung des Krahns zum Wenden versieht man ihn mit einem ausreichend langen Krahnbalken (Fig. 46, 47 auf Seite 163), verbindet diesen mit den cylindrischen Zapfen des Formkastens durch ein Paar Krahngehänge von solcher Länge, dass der in ihnen hängende Formkasten gewendet werden kann, hebt den letzteren empor, nachdem die beiden Bretter in der beschriebenen Art und Weise oben und unten befestigt worden sind, dreht ihn, wenn er zur erforderlichen Höhe emporgehoben ist, um und lässt ihn wieder nieder.

Nun wird das Brett a abgenommen und zur Seite gestellt, und die obere Fläche des Modells oder der Modellhälfte liegt frei. Mit einem Streichbleche umfährt man den Rand des Modells, um das Formmaterial hier etwas fester zu drücken, füllt kleine Vertiefungen, welche dabei entstehen, aus und bestreut die geglättete Oberfläche des Sandes oder der Masse mit etwas trocknem gröblichem Kohlenstaube oder Ziegelmehl, um das Haften des im Oberkasten einzustampfenden Formmaterials auf dem im Unterkasten befindlichen zu verhindern. Das aufgestreute Pulver setzt sich auf der feuchten Fläche rasch fest, lässt sich aber von dem Modelle durch Abkehren oder Wegblasen ohne Schwierigkeit entfernen. Nachdem dieses geschehen ist, kann man die obere Modellhälfte auf die untere, den Oberkasten auf den Unterkasten setzen und nun mit dem Einstampfen des Oberkastens beginnen, welches in derselben Weise ausgeführt wird wie das Einstampfen des Unterkastens. Da, wo der Einguss von der oberen Fläche des Oberkastens aus nach dem Innern der Gussform hinführen soll, stellt man ein aus Holz gefertigtes Modell desselben auf, welches oben aus dem Formkasten herausragt und ebenfalls mit umstampft wird. Der Einguss stellt einen senkrechten, nach oben sich allmählich erweiternden Kanal dar, gewöhnlich von der Form eines schlanken abgestumpften Kegels, bisweilen jedoch auch keilförmig gestaltet. Form und Durchmesser müssen von der Beschaffenheit des Gussstücks abhängig und so beschaffen sein, dass die Gussform ausreichend schnell mit dem flüssigen Eisen gefüllt wird, ehe ein Erstarren zu befürchten steht, ohne dass jedoch durch allzu heftiges Einströmen die Gefahr für eine Beschädigung der Gussform wachgerufen wird. Stahlgussformen erfordern, da der Stahl rascher erstarrt, stärkere Eingüsse als Formen für Gusseisen. Von ähnlichen Erwägungen ist die Wahl der Einmündungsstelle des Eingusses in die

Gussform abhängig. Man kann hierbei zwei verschiedene Wege einschlagen. In dem einen Falle setzt man den Einguss unmittelbar auf das Modell an irgend einer passenden Stelle, so dass das Metall von oben hineinfällt; in dem andern Falle führt man ihn seitlich von dem Modelle abwärts bis zur oberen Fläche des Unterkastens und schneidet dann von hier aus später, nachdem der eingestampfte Oberkasten abgehoben worden ist, mit Hilfe des Löffels einen wagerechten Einlauf bis zur Form. Der letztere kann, wie bei Beschreibung des Herdgusses erwähnt wurde, zwei- oder dreiteilig gegabelt werden, so dass das Metall an verschiedenen Stellen in die Form tritt; jeder einzelne Einlauf erhält dann einen entsprechend dünneren Querschnitt und lässt sich von dem erkalteten Abgusse leichter abtrennen. Bei Gussstücken, welche eine grosse Flächenausdehnung bei geringer Wandstärke besitzen und demnach schwer auslaufen, muss man zwei, auch wohl drei oder noch mehr einzelne Eingüsse in möglichst gleichmässiger Verteilung anbringen, deren jeder wieder entweder unmittelbar oder durch einen Einlauf in die Gussform mündet. Von dem Einflusse, welchen die Stellung und der Querschnitt der Eingüsse auf die Beschaffenheit, insbesondere die Dichtigkeit, der Gusstücke ausübt, wird weiter unten ausführlicher die Rede sein.

Bei Herstellung grosser Gussstücke, in deren Gussformen vor dem Giessen eine reichliche Menge atmosphärischer Luft eingeschlossen ist, muss man durch Anbringung sogenannter Windpfeifen das Entweichen der Luft ermöglichen, damit diese nicht das Eintreten des Metalls verhindere oder ein Kochen bewirke. Die Windpfeifen sind senkrechte Kanäle, ähnlich den Eingüssen, welche diesen gegenüber auf den höchsten Punkten der Gussform münden und von hier die Luft nach oben führen. Wo man der Gussform einen verlornen Kopf gibt (S. 49) ist die Anwendung der Windpfeifen entbehrlich; im übrigen aber sind sie um so notwendiger für das Gelingen des Gusses, je dichter, undurchlässiger das Formmaterial und je grösser der Rauminhalt der Gussform ist. Ihre Herstellung geschieht, wie die der Eingüsse, schon beim Einformen unter Benutzung eines hölzernen Modells.

Bei Herstellung von grösseren Gussformen, insbesondere Massegussformen, werden vor dem Einschaufeln der Masse oder des Sandes in den Oberkasten sämtliche Zwischenwände mit Thonwasser bestrichen, um ein besseres Haften der Masse an ihnen zu bewirken. Im Oberkasten stampft man gewöhnlich etwas fester als im Unterkasten, um das Herausfallen beim Abheben zu verhüten; um so notwendiger ist es aber, durch fleissige Benutzung des Luftspiesses, nachdem das Einformen beendet ist, eine ausreichende Zahl feiner Kanäle zu schaffen, welche von der Oberfläche des Modelles nach aussen verlaufen und die geringere Durchlässigkeit des oberen Teiles auszugleichen bestimmt sind.

Ist der Oberkasten fertig eingeformt, so zieht man zunächst die Eingussmodelle heraus, erweitert die Eingusskanäle oben mit dem Löffel oder dem Finger zu einer trichterförmigen Mündung, wodurch später das Eingiessen erleichtert wird und kann nun den Oberkasten abheben. So lange sich dieser in wagerechter Lage befindet, ist ein Herausfallen des Formmaterials nicht leicht zu befürchten, da es durch die Sandleisten des Formkastens festgehalten wird; wendet man ihn aber, was

der bequemeren Arbeit halber meistens geschieht, so ist es, wenn nicht sehr viele Zwischenwände angebracht sind, mitunter erforderlich, durch ein auf dem Rücken des Kastens befestigtes Lehrbrett, welches zugleich bei der weiteren Bearbeitung der Form als Unterlage für den Oberkasten dient, die Gussform zu sichern. Die in dem Oberkasten befindliche Modellhälfte wird mit diesem von der im Unterkasten bleibenden Hälfte abgehoben. Ist hierbei zu befürchten, dass das Modell vermöge seines eigenen Gewichts sich aus der Gussform löse und auf dem Unterkasten liegen bleibe, so befestigt man es mit Schrauben, welche vor dem Einstampfen des Oberkastens von oben her in das Modell eingeschraubt werden, durch die Füllung des Oberkastens hindurchgehen und vor dem Abheben des letzteren in irgend einer einfachen Weise, z. B. mit Hilfe eines Splints, welcher durch das aus dem Oberkasten vorragende Auge des Bolzens hindurchgesteckt wird, von oben her festgehalten werden.

Ist der Oberkasten abgehoben, gewendet, sind die soeben erwähnten Modellschrauben gelöst, so folgt das Herausheben des Modells aus Ober- und Unterkasten; zuvor aber wird im Unterkasten der früher besprochene Einlauf in Form einer flachen vom unteren Ende des Eingusses zur Gussform führenden Rinne angeschnitten, sofern nicht der Einguss unmittelbar auf das Modell gesetzt worden war. Man fährt, wenn dieses geschehen ist, mit einem nassen Pinsel rings um den Rand des Modells herum, um die Gussform hier durch stärkere Befeuchtung vor Beschädigung zu schützen, schraubt an geeigneten Stellen Schrauben in das Modell, lockert es soviel als thunlich durch leichtes Beklopfen mit Holzhämmern und zieht es vorsichtig heraus. Bei schweren Modellen, welche fest in der Gussform stecken, muss der Krahn zu Hilfe genommen werden.

Das Modell wird nun zur Seite gestellt und die Gussform nachgesehen. Kleine Beschädigungen sind fast immer vorhanden, und man bessert sie mit Hilfe der früher besprochenen Werkzeuge aus; bei grossen Modellen mit steilen Seitenwänden und schmalen einspringenden Teilen (z. B. den Zahnlücken bei Stirnrädern) sind bisweilen ganze Teile der Gussform losgerissen und kleben wohl noch am Modelle. Hier ist es also die Kunst des Formers, die Gussform durch Nachhilfe aus freier Hand so genau als irgend möglich wieder herzustellen. Losgerissene Stücke, die mit dem Modelle herausgekommen sind, lassen sich mitunter im ganzen von diesem ablösen und wieder in der Gussform befestigen, nachdem man die Trennungsflächen vorher mit dem Pinsel befeuchtet hat. Enthält die Gussform einzelne scharf hervortretende Ränder, welche der Gefahr des Losgerissenwerdens („Waschens“) durch das flüssige Eisen besonders ausgesetzt sind, so befestigt man sie durch eine Reihe von Formerstiften (vergleiche die Fussanmerkung auf Seite 233), welche einer neben dem andern in das Formmaterial so weit eingedrückt werden, dass ihr Kopf nicht mehr vorragt. Je magerer der Formsand ist, desto grösser ist der Verbrauch an diesen Formerstiften, und die alljährliche Ausgabe dafür macht in mancher grösseren Eisengiesserei eine ansehnliche Summe aus.

Die Gussform wird nun, wenn man im grünen Sande formte, und der Sand zum Anbrennen geneigt ist, ausgestäubt, wie früher besprochen wurde, Massegussformen werden „geschwärzt“, d. h. mit Hilfe des

Pinsels mit Schwärze überzogen. Sind bei Sandformen grössere Flächen mit Holzkohle bestäubt, so glättet (poliert) man sie, indem man mit dem Polierbleche sanft darüber hinfährt, so dass die Kohle sich überall glatt an die Gussformwand anlegt, und erlangt dadurch nicht allein schönere Gussflächen, sondern verhütet auch, dass das flüssige Eisen, wie es sonst wohl geschieht, die Kohle aufnehme und vor sich her schiebe. Bei verzierten Gegenständen (Gittern, Ofenteilen, Kunstgusswaren u. a.), welche das Polieren mit dem Streichbleche nicht gestatten, erreicht man ein dichtes Anlegen des Kohlenstaubes, indem man vorsichtig das Modell noch einmal in die Gussform einklopft und dann wieder herauszieht. Legt man bei den zuletztgenannten Gegenständen Wert auf hohe Vollendung des Gusses, so stäubt man die Form zunächst mit trockenem magerem Sande aus (der beim Putzen der Gusswaren abfallende Sand ist gut dafür geeignet), dann mit Laubholzkohle und klopft nun das Modell ein. Es wurde schon früher erwähnt, dass gepochte Holzkohle sich für diese Art der Behandlung besser eignet als gemahlene, welche an dem Modelle oder dem Polierbleche klebt; ganz und gar unbrauchbar würde jenes als Ersatz der Holzkohle bisweilen benutzte Gemisch von Kokspulver und Thonmehl sein, wenn man die Gussformen nach dem Stäuben noch glätten will. Es lässt sich nur für ganz rohe Arbeit verwenden. Auch den Schwärzeüberzug der Massegussformen poliert man vor dem Trocknen mit dem Polierbleche, wenn man Freude an schönem Aeusseren der Gusswaren hat.

Verwendet man sehr fette Masse, welche beim Trocknen leicht Risse bekommt, so unterlässt man auch wohl das Schwärzen vor dem Trocknen, da die getrocknete Gussform ohnehin einer Ausbesserung bedarf. Sie wird dann nach dem Trocknen zunächst gewaschen, d. h. mit Wasser und Bimsstein ausgerieben, ausgebessert, soweit es nötig ist, dann erst geschwärzt und bei gelinderer Wärme abermals getrocknet. Auch die vor dem Trocknen geschwärzte Massegussform muss später nachgesehen und unter Umständen ein zweites Mal geschwärzt werden. Besonders ist dieses zweite Schwärzen bei Stahlgussformen ratsam, da der höher erhitzte Stahl leichter noch als Gusseisen anbrennt.

Die ausgestäubte Sandgussform, die geschwärzte und getrocknete Massegussform sind zum Einlegen der Kerne und Zusammenstellung für den Guss fertig.

2. Vereinfachung des in Vorstehendem beschriebenen Verfahrens. Das Einspannen und Wenden des Unterkastens zwischen zwei Lehrbrettern verursacht um so grössere Schwierigkeiten und um so grösseren Zeitverlust, je schwerer der Kasten samt seinem Inhalt ist. Während daher jenes Verfahren für Herstellung kleinerer Gussformen, deren Anheben und Wenden mit der Hand geschehen kann, ziemlich ausnahmslos in Anwendung ist, kann man es bei grösseren Gegenständen, welche im Sand geformt werden, in folgender Weise vereinfachen.

Der Unterkasten wird aufrecht (nicht wie bei dem ersten Verfahren in umgekehrter Lage) auf ein Unterlagsbrett gestellt und mit Formsand gefüllt, welcher nicht allzufest eingestampft wird. In den eingestampften Formsand gräbt man eine Vertiefung, welche ungefähr den Umrissen des Modells entspricht, bettet das Modell hinein, so dass dessen obere Seite in der Ebene des Formkastenrandes liegt, umstopft es ringsherum

mit gesiebtem Modellsande und stampft ihn von oben her fest. Bei manchen Modellen kann man auch ähnlich wie beim Herdgusse verfahren, d. h. den Formkasten bis zum Rande mit Formsand locker anfüllen und dann das Modell von oben her einklopfen. Das Einformen des Oberkastens u. s. w. geschieht dann in derselben Weise, wie bei dem ersten Verfahren, welches man zum Unterschiede von dem letzteren „Einformen durch Aufstampfen“ zu bezeichnen pflegt, während dieses „Einformen durch Einklopfen“ genannt wird. Man gewinnt auf diese Weise an Zeit, aber es ist schwieriger, dem Sande überall eine gleichmässige Dichtigkeit zu geben und die Fälle, dass der Guss „treibt“, sind deshalb häufiger als bei dem ersteren Verfahren.

In der Masseformerei ist dagegen dieses Verfahren selten in Anwendung. Die Masse muss, wie mehrfach erwähnt wurde, fester als der Sand gestampft werden, und es wächst dadurch die Schwierigkeit, durch Einklopfen des Modells die unerlässliche Gleichförmigkeit an allen Stellen zu erlangen.

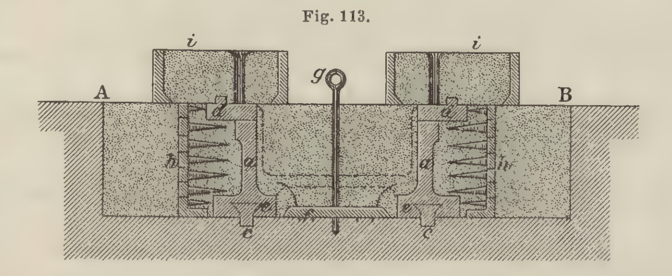
3. Das Einformen der unteren Gussformhälfte im Erdboden. Dieses Verfahren bildet eine fernere Vereinfachung des unter 1 und 2 beschriebenen. Es beruht auf dem Bestreben, nach Möglichkeit an Formkasten zu sparen und ist deshalb besonders in solchen Giessereien ausgebildet, in welchen viele grosse Gegenstände gefertigt werden, welche die Anwendung eines entsprechend grossen, kostspieligen und schwer beweglichen Formkastens erforderlich machen würden; vorzugsweise in Maschinengiessereien. Statt des Unterkastens dient der Erdboden, und man gebraucht nur den Oberkasten; das Verfahren kann daher gewissermassen als eine Vereinigung der Herd- und Kastenformerei betrachtet werden, und man nennt es deshalb in manchen Giessereien verdeckter Herdguss. Anwendbar ist jedoch dieses Formverfahren nur in solchen Eisengiessereien, deren Erdboden in derjenigen Tiefe, bis zu welcher die Modelle eingeformt werden, frei von Grundwasser ist.

Die Arbeit beginnt mit dem Ausgraben des Erdreichs auf eine solche Länge, Breite und Tiefe, dass sowohl unter als neben dem Modelle noch ausreichender Platz zum Einstampfen des Formmaterials bleibt. Kommen in die Gussform Kerne, welche von unten her durch schmiedeiserne Kernsteifen gestützt werden müssen (die Einrichtung der letzteren wird später ausführlicher besprochen werden), so legt man auf den Boden der Grube da, wo die Kernsteifen zu stehen kommen, Querhölzer von etwa 15 cm Stärke ein, auf welchen die Kernsteifen später befestigt werden können (beim Giessen auf einem hölzernen Lehrboden dient dieser für den in Rede stehenden Zweck). Alsdann schaufelt man etwa 10 cm hoch Sand ein, stampft ihn mässig fest und setzt das Modell (oder die in das Unterteil kommende Modellhälfte) darauf. Wie beim Herdgusse ist bei dieser Art der Formerei darauf Rücksicht zu nehmen, dass beim Giessen die Gase nach unten nicht entweichen können, sondern neben dem Abgusse aufsteigen müssen, wenn sie nicht gezwungen werden sollen, sich durch das flüssige Metall hindurch ihren Ausweg zu suchen. Der Boden unter dem Modelle muss also aus hinreichend durchlässigem Materiale bestehen, und wenn die Breite des Modells einigermassen beträchtlich ist, trägt man Sorge, durch lockere Strohseile, welche in den Boden quer unter dem Modelle hindurch

eingelegt werden und an beiden Seiten zutage führen, oder durch eingelegte Spitztaue, welche später herausgezogen werden, Abzugskanäle für die Luft zu bilden, anderenfalls aber mit einem langen Luftspiesse reichlich Luft von beiden Seiten des Modells her bis unter die Mitte desselben zu stechen. Das Einformen des Modellunterteils geschieht nun ebenso wie bei dem vorigen Verfahren; alsdann wird das Formkastenoberteil aufgesetzt. Damit dieses später, nachdem das Modell herausgenommen ist, seine richtige Stellung wieder erhalte, schlägt man um dessen Rand herum einige Pfähle in den Erdboden ein, so dass sie um einige Centimeter vorragen und die Stellung des Oberkastens festlegen. Das Einformen und Abheben des Oberkastens, Herausheben des Modells, Ausbessern der Gussform u. s. w. bietet keine wesentlichen Unterschiede im Vergleiche mit den nämlichen Arbeiten bei den Verfahren 1 und 2.

Ein zur besseren Erläuterung geeigneter Fall, der zugleich als Beispiel für die Anwendung von Kernstücken dienen kann, ist das Einformen eines Drehbankbettes. Man kann dabei in verschiedener Weise zu Werke gehen, und die Beschaffenheit des zur Verwendung stehenden Formmaterials wie die Geschicklichkeit der Arbeiter sind Dinge, mit denen bei der Wahl des einzuschlagenden Weges zu rechnen ist; das in Folgendem beschriebene Verfahren ist zwar etwas umständlich, erleichtert aber das Herausnehmen des Modells und ist deshalb besonders dann anwendbar, wenn das Formmaterial nicht durch grosse Bindekraft ausgezeichnet ist. Die Abbildung Fig. 113 zeigt einen Querschnitt

Fig. 113.



durch die Gussform mit dem Modelle. Dieses besteht, wie gewöhnlich, aus zwei parallelen Wangen a a, welche durch drei Querstege verbunden sind. Letztere sind hohl, oben offen; die Hohlung muss durch Einlegen eines Kernes ausgebildet werden, dessen Begrenzung in der Abbildung durch eine Linie in Punkten angedeutet ist. Auch c c sind Kernmarken zum Einlegen von Kernen, welche die in der Längenrichtung der Wangen sich erstreckenden schwalbenschwanzförmigen Nuten auszubilden bestimmt sind.

Das Modell ist folgendermassen geteilt: die oberen Leisten d d sind durch Holzschrauben auf den eigentlichen Wangen befestigt und lassen sich abnehmen, sobald die Schrauben gelöst sind; die unteren Leisten e e bilden ebenfalls selbständige Stücke, welche nur mit Stiften lose an a a angeheftet werden; endlich sind auch die Modelle der erwähnten Querstege von den Wangenmodellen getrennt und während des Einformens durch Holzschrauben an ihnen befestigt.

Die Arbeit beginnt mit dem Ausgraben des Erdreichs, Einbringen von Formsand und Ebenen der Sohle. Die ausgegrabene Oeffnung muss so tief sein, dass das Modell bis zur Oberkante darin Platz hat und ihre Breite A B muss grösser als die des Modells sein, damit die nachfolgenden Arbeiten ohne Schwierigkeit darin ausgeführt werden können. Auf den geebneten und mit Formsand bedeckten Boden der Grube legt man eine im Herde gegossene Gusseisenplatte f und sorgt mit Hilfe der Setzwage dafür, dass sie vollständig wagerechte Lage erhalte. Diese Platte ist mit mehreren angegossenen, nach unten gerichteten Zapfen versehen, welche zur Sicherung ihrer Lage dienen; an ihrer Oberseite sind zwei Reihen nach aussen gekrümmter Rundeisenstäbchen eingenietet, welche zum Festhalten des vorspringenden Sandkörpers dienen; und um die Platte herausnehmen zu können, hat man mehrere senkrechte Bolzen g von oben her eingeschraubt, deren oberes Ende zu einem Auge umgebogen ist. Man bringt nun zunächst das ganze Modell in seiner richtigen Lage, wie in der Abbildung, an Ort und Stelle und stellt daneben die Platten h h auf, welche zum Tragen der erforderlichen Kernstücke dienen. Sie sind im Herde gegossen, unten mit breiter Sandleiste und auf ihrer ganzen Fläche mit zahlreichen, gegen das Modell gekehrten, aufgegossenen Stiften (Zwecken) zum Festhalten des Sandes, auch mit eingegossenen Löchern für das Entweichen der Gase versehen. Auch an den Stirnseiten des Modells kann man solche Platten aufstellen, welche mit den Längsplatten zusammen einen wirklichen Rahmen um das Modell herum bilden. Nun werden die Leisten d d abgeschraubt und der Zwischenraum zwischen dem Modelle und den Platten h h wird mit Sand oder Masse aufgestampft; alsdann schraubt man die Leisten wieder auf, fährt mit dem Aufstampfen bis zum oberen Rande des Modells fort und kann nunmehr auch den inneren Raum zwischen beiden Wangen oberhalb der Gusseisenplatte f ausstampfen. Zuletzt setzt man zwei Formkasten i i auf die oberen Ränder des Modells und füllt auch diese mit Sand aus, nachdem man die Eingussmodelle an ihre Stelle gesetzt hatte. Die Stellung der Formkasten wird durch eingeschlagene Pflöcke bezeichnet. Der Raum hinter den Platten h h bleibt vorläufig noch leer oder wird nur verloren mit Sand ausgefüllt, den man wieder entfernt, wenn das Einformen beendet ist. Die Form wird nun in folgender Weise zerlegt. Zuerst werden die Kasten i i abgehoben und zur Seite gesetzt; die von den Platten h h getragenen Kernstücke, welche die Seiten der Wangen begrenzen, werden dann einzeln in wagerechter Richtung vom Modelle abgezogen und aus der Grube herausgehoben. Hierauf löst man die Verbindungsschrauben zwischen den Wangen und den Querstegen und zieht die einzelnen Teile des Modells senkrecht heraus (ein Herausheben im ganzen würde leichter eine Beschädigung der Form veranlassen), wobei die Leisten e e noch in der Form stecken bleiben; zuletzt werden auch diese von der Seite herausgeholt. Wenn erforderlich, können nun die einzelnen Stücke der Gussform in die Trockenkammer gebracht und getrocknet werden. Auch das mittlere zwischen den Wangen befindliche Stück lässt sich zu diesem Zwecke mit Hilfe der Schraubenbolzen g herausnehmen. Ist der Sand durchlässig genug, und sorgt man durch fleissiges Luftstechen für genügenden Abzug der Gase, so lässt sich

das Trocknen wenigstens des Mittelstücks ersparen, und man kann dieses alsdann auch ohne die Platte f unmittelbar auf der Sohle der Grube aufstampfen. Ist alles soweit fertig, so bringt man die einzelnen Stücke vorsichtig an ihre frühere Stelle, legt die verschiedenen Kerne ein, hinterstampft die Platten h h gut mit Formsand und setzt die Oberkasten auf. Die Kerne für die Querstege müssen, da sie eine andere Auflage nicht haben, mit Hilfe schmiedeiserner Kernsteifen gut befestigt werden (vergl. unten: die Anfertigung und das Einlegen der Kerne).

4. Die Herstellung figürlicher Gegenstände, kleiner Standbilder u. dergl. im Formkasten. Man benutzt hierzu im wesentlichen das unter 1 beschriebene Verfahren, jedoch mit denjenigen Aenderungen, welche die Eigentümlichkeiten der genannten Gegenstände erforderlich machen. Da man die Modelle nicht gern zerlegt, wie es bei dem Verfahren Nr. 1 vorausgesetzt war, ist ein gewöhnlicher Lehrboden mit ebener Oberfläche zur Auflagerung des Modells beim Aufstampfen des Unterkastens nicht anwendbar; man muss sich vielmehr eines Lehrbodens mit gegliederter Oberfläche bedienen, in welche das Teil des Modells eingelassen ist, welches in den Oberkasten kommen soll, während die in den Unterkasten kommende Hälfte frei herausragt. Ein solcher Lehrboden lässt sich in verschiedener Weise herstellen. So z. B. kann man in folgender Weise verfahren. Der aufrechtstehende Unterkasten wird locker mit Sand gefüllt und das Modell so tief eingeklopft als seiner späteren Lage im Unterkasten entspricht. Unterschnittene, später durch Anwendung von Kernstücken zu formende Stellen des herausragenden Teils werden mit Sand ausgefüllt, dann stellt man einen Holzrahmen um das Modell herum, dessen Oberkante noch etwas über den höchsten Punkt des Modells herausragt und giesst Gips hinein. Wenn dieser erhärtet ist, wird er vom Modelle abgehoben, um in einem gewöhnlichen Lehrboden befestigt zu werden, und das Modell passt nun genau in die Gipsunterlage hinein. Man sucht hierbei dem Modelle eine solche Lage zu geben, dass die anzuwendenden Kernstücke möglichst auf den Oberkasten beschränkt werden und das Modell sich aus dem Unterkasten frei aushebt.

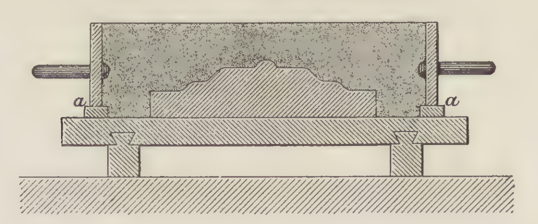
Die Arbeit beginnt mit dem Einformen (Aufstampfen) des Unterkastens, nachdem das Modell in den Lehrboden eingelegt und der Unterkasten in umgekehrter Lage darübergestellt war. Liess es sich nicht vermeiden, dass auch in den Unterkasten Kernstücke kommen (vergl. die auf S. 225 gegebenen Erläuterungen über die Anwendung von Kernstücken), so werden diese zuerst, und zwar aus fettem Sande, an das Modell angeformt, an der Rückseite geglättet und mit Kohlenstaub bestreut, um das Anhaften des Formsandes zu verhindern; dann wird über den Kernstücken der Sand aufgestampft. Nun wird zwischen Brettern gewendet, das erste Lehrbrett abgehoben u. s. w. Ehe der Oberkasten aufgesetzt wird, formt man wieder die erforderlichen Kernstücke an das Modell, bestreut auch diese mit Kohle und formt dann den Oberkasten ein. Das Oberteil wird abgehoben, wobei die Kernstücke auf dem Modelle liegen bleiben, dann hebt man eins nach dem andern mit Hilfe der Kerngabel behutsam vom Modelle ab, pudert es mit Kohle (in einigen Giessereien „blakt“ man derartige Gussformen,

statt sie zu pudern, indem man sie über eine durch Verbrennung harziger Körper entstandene stark russende Flamme hält), drückt es noch einmal gegen das Modell, trocknet es, wenn erforderlich, in gelinder Wärme kurze Zeit, heftet es mit feinen Drahtstiftchen an seine Stelle in der Gussform, nachdem auch diese mit Kohle ausgestäubt war, und verputzt mit Sorgfalt die Fugen zwischen den Rändern der Kernstücke und der Gussform. War der Unterkasten frei von Kernstücken, so kann man nun das Modell herausheben und ihn wie gewöhnlich ausbessern und fertig machen; andernfalls muss auch dieser abermals mit dem Modelle unter Benutzung des erstens Lehrbodens gewendet, vom Modelle und den Kernstücken abgehoben und wie der Oberkasten behandelt werden. Schliesslich werden, nachdem sämtliche Kernstücke eingesetzt, befestigt und verputzt sind, beide Gussformhälften zusammengesetzt und zum Gusse fertig gemacht.

5. Das Hohlformen. Man versteht unter dieser Bezeichnung die Herstellung dünnerer Abgüsse nach dickeren Modellen, welche Aufgabe besonders häufig in Kunstgiessereien vorkommt, um z. B. nach einem dicken Gipsabgusse von irgend einem künstlerischen Gegenstande einen dünneren Abguss in Eisen, Bronze u. s. w. zu fertigen. Das Verfahren ist verschieden, je nachdem ein wirklicher Hohlkörper, z. B. eine Büste oder ein kleines Standbild nach einem vollen Modelle gegossen werden soll, oder man nur beabsichtigt, von einem flachen Gegenstande, einem Relief, einer Schale, einem Schilde u. dergl. einen schwächeren Abguss herzustellen.

In dem ersteren Falle muss ein wirklicher Kern benutzt werden, zu welchem man sich einen passenden Kernkasten am sichersten nach dem auf S. 213 beschriebenen Verfahren fertigt; im anderen Falle kann man folgendermassen zu Werke gehen. Das hohl zu formende Modell wird wie bei dem unter 1 beschriebenen Formverfahren zum Aufstampfen auf ein Lehrbrett gelegt, der Unterkasten aufgesetzt, zwischen Unterkasten und Lehrboden aber wird ein kleiner Holzrahmen a (Fig. 114) eingeschoben, dessen Stärke gleich der Stärke des herzu-

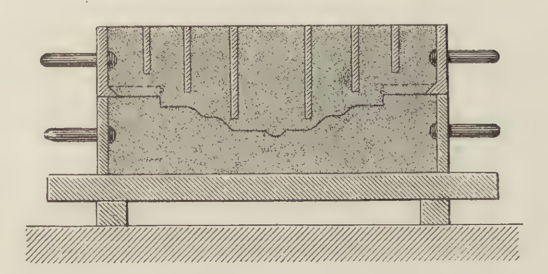
Fig. 114.



stellenden Abgusses ist. Man stampft auf, wendet, hebt den Lehrboden ab, streicht vorsichtig die Sandschicht, welche über den Rand des Kastens vorragt und die Stärke des Abgusses darstellt (in Fig. 115 ist sie durch Punkte angedeutet), mit dem Streichbleche ab, so dass die Oberfläche des Formsandes mit dem Rande des Formkastens abschneidet, nimmt das Modell heraus, verputzt die Form, bestreut sie

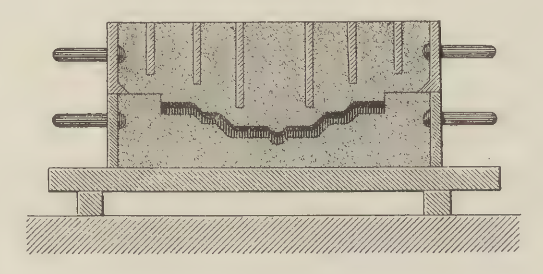
mit Kohlenstaub zur Verhütung des Anhaftens des Oberteils, setzt den Oberkasten auf, stellt das Eingussmodell an seine Stelle und stampft Sand ein (Fig. 115). Alsdann wird der Oberkasten abgehoben und einstweilen beiseite gestellt, die untere Formhälfte aber zerstört, der Unterkasten abermals in der früheren Stellung, jedoch ohne den zwischen-

Fig. 115.



geschobenen Holzrahmen, über das Modell gesetzt und von frischem eingeformt. Setzt man nun später das bereits fertige Oberteil auf das Unterteil, so müssen beide so aufeinander schliessen, wie Fig. 116 darstellt, d. h. es muss zwischen beiden Formhälften ein der Stärke des zuerst eingelegten Holzrahmens entsprechender Zwischenraum zur Ausfüllung mit dem flüssigen Metalle bleiben. Allerdings ist, wie sich leicht erklärt, diese Stärke des Abgusses bei gegliederten Gegenständen

Fig. 116.



nicht überall gleich. Genau entspricht sie der Dicke des eingelegten Holzrahmens nur da, wo das Modell durch wagerechte Ebenen begrenzt ist, je steiler die Linien des Querschnitts sind, desto geringer fällt die Wandstärke des Abgusses an dieser Stelle aus. Besitzt das Modell stark heraustretende Formen oder wohl gar senkrechte Flächen, so muss man das Oberteil der Form an diesen Stellen aus freier Hand etwas nacharbeiten, d. h. etwas Formsand abnehmen, damit die Wandstärke annähernd gleichmässig ausfalle und man nicht Gefahr laufe, dass der Abguss wegen ungleichmässiger Verteilung des Materials Spannung bekomme oder vielleicht nicht einmal auslaufe[1]).

---

[1]) Vergleiche ferner über Hohlformen: Metallarbeiter, 1883, S. 115.

6. Herstellung eines verzierten vierseitigen oder cylindrischen Ofenkastens für Stubenöfen im dreiteiligen Formkasten.

Die Einrichtung des zur Anfertigung vierseitiger Ofenkasten erforderlichen Formkastens wurde bereits auf S. 239 beschrieben. Das geteilte Mittelteil dieses Formkastens ist annähernd ebenso hoch wie der zu giessende Ofenkasten und 6 bis 10 cm im Durchmesser weiter; Ober- und Unterteil des Formkastens sind etwa 6 bis 8 cm hoch. Das Modell besteht ebenfalls aus vier Stücken, deren jedes eine der Seiten des Ofenkastens bildet und deren Kanten auf Gehrung, d. h. unter Winkeln von 45 Graden, zusammengearbeitet sind.

Das Modell wird auf einem Lehrklotze zusammengestellt, welcher den Unterkasten ausfüllt und die richtige Stellung des Modells sichert. Damit die Platten nicht auseinanderfallen, kann man sie vorläufig durch zwei schwache am obern und untern Rande umgelegte Eisenringe oder in anderer Weise zusammenhalten. Ueber den Lehrklotz wird der Unterkasten gestellt, dann der Mittelkasten darauf gesetzt und befestigt. Um später die Trennung der einzelnen Mittelteile von einander leicht bewirken zu können, schiebt man bisweilen vier schwache Blechstreifen ein, welche in diagonaler Richtung von den Eckfugen des Formkastens zu den Eckfugen des Modells hinübergehen und dazwischen festgeklemmt werden; unbedingt nötig sind diese Blechstreifen nicht, zumal wenn man, wie bei dem oben abgebildeten Formkasten (Fig. 111), an die Kanten des Formkastens diagonal stehende Backen angiesst, welche bis nahe an das Modell heranreichen und genau zusammengearbeitet werden müssen.

Man stampft zunächst die Zwischenräume zwischen Formkastenwand und Modell mit gutem Modellsande aus, dann den Raum innerhalb des Modells (den Kern) ebenfalls, jedoch kann zu letzterem Zweck ein etwas weniger feiner, aber desto durchlässigerer Sand benutzt werden. Der etwa angebrachte Ring am oberen Rande des Modells zum Zusammenhalten kann nun abgenommen und die gebliebene Lücke ebenfalls mit Sand ausgestampft werden. Wenn der Mittelkasten bis zum Rande mit eingestampftem Sand gefüllt ist, legt man ein Lehrbrett auf, wendet beide zusammenhängende Formkostenteile (Unter- und Mittelkasten) um und nimmt den Lehrklotz aus dem Unterkasten, welcher nunmehr oben liegt, heraus. Die Sandflächen zwischen den Rändern des Formkastens und Modells werden mit Hilfe des Streichbleches geglättet und mit Kohlenpulver bestreut, die obere Fläche des Kerns aber von Kohle frei gehalten und etwas aufgegraben, damit der darüber gestampfte Sand daran hafte. Der Unterkasten wird mit Sand angefüllt, dieser eingestampft, an der Oberkante abgestrichen, mit einem Unterlagsbrette bedeckt, dann werden beide Kasten wieder gemeinschaftlich gewendet. Man ebnet die Oberfläche mit dem Streichbleche, entfernt dabei etwa überschüssigen Sand, so dass der Rand des Modells mit der Oberfläche abschneidet, bestreut die Oberfläche (der Seitenteile und des Kerns) mit Kohle, setzt nun den Oberkasten auf und stampft ein. Den Einguss stellt man in die Mitte des Oberkastens, führt ihn bis zur Oberfläche des Kerns hinunter und zweigt von hier aus nach allen vier Seiten hin Einläufe ab. Ist das Einformen des Oberkastens beendet, so wird nun die Gussform auseinander genommen. Zunächst hebt man den Ober-

kasten ab und stellt ihn beiseite. Sodann löst man vorsichtig die Klammern oder Haken, welche die Stücke des Mittelkastens zusammenhalten, nimmt eins derselben nach dem andern nebst dem zugehörigen Modellteile von dem Unterkasten und dem zurückbleibenden Kerne ab und legt es auf den Rücken, um später das Modell abheben zu können. Damit die Modellstücke hierbei sich nicht verschieben und die Form beschädigen können, befestigt man sie häufig durch eine Schraube, welche, von aussen durch die Wand des Formkastens und den Formsand hindurchgehehend, in das mit Muttergewinde versehene Modellstück schon vor dem Einstampfen eingeschraubt und erst entfernt wird, wenn das Modell abgenommen werden soll; nur muss man alsdann Sorge tragen, die von der Schraube zurückgelassene Oeffnung gut mit Sand auszufüllen und die Narbe zu verputzen. Sind auf diese Weise alle vier Seitenteile des Mittelstücks abgenommen, so bleibt nur der Unterkasten mit dem darauf ruhenden Kerne an seinem Platze. Die Modellstücke werden von den Formstücken abgehoben, die Form mit Kohle bestäubt, die Modelle nochmals eingeklopft, damit die Kohle sich anlege; alsdann kann die Form wieder zusammengesetzt und zum Gusse bereit gestellt werden.

Aehnlich wie den vierseitigen Ofenkasten für Etagenöfen formt man die jetzt häufiger vorkommenden cylindrischen Stücke, aus welchen die Rund- oder Säulenöfen zusammengesetzt werden. Diese Stücke sind äusserlich gewöhnlich gerieft oder doch in einer Weise verziert, dass sie sich ohne weiteres, wenn man das Mittelteil des Formkastens in zwei Hälften zerlegen wollte, nicht ausheben lassen würden. Dagegen gelingt das Herausnehmen des Modells aus jeder der beiden Formhälften ohne Schwierigkeit, wenn man es in einzelne Stücke zerlegt, deren Trennungsfugen parallel der Achse des Cylinders laufen. Man benutzt also wiederum einen dreiteiligen Formkasten, gewöhnlich von kreisrundem Querschnitt, aus flachem Unter- und Oberkasten und hohem Mittelkasten bestehend. Letzterer ist wieder in zwei Hälften zerlegbar, welche durch senkrechte Fugen getrennt sind und durch Klammern zusammengehalten werden. Das Modell wird, wie vorhin beschrieben wurde, eingeformt, der Formkasten mit der Gussform in seine Teile zerlegt, wobei wieder der cylindrische Kern auf dem Unterkasten stehen bleibt, das Modell in Stücken abgehoben, die Form verputzt, gestäubt und wieder zusammengesetzt.

7. Die Topfformerei. Der Formkasten ist dreiteilig, das Mittelteil ist ebenso hoch wie der zu giessende Topf und beim Formen von Bauchtöpfen ebenso wie der oben in Fig. 110 abgebildete Bufferformkasten in zwei gleiche Stücke zerlegbar, während bei cylindrischen oder konisch geformten Töpfen mit geraden Seitenwänden diese Teilung des Mittelkastens nicht erforderlich ist. Das Modell ist, wenn es bauchig ist, ebenfalls durch eine senkrechte Ebene in zwei Hälften zerlegt, deren richtige Stellung gegeneinander durch Dübel an dem Rande des einen und Dübellöcher an dem Rande des anderen Stücks gesichert ist. Auch der Henkel des Topfs ist vom Modell getrennt und besteht selbst wieder aus zwei annähernd gleich langen, durch einen Dübel verbundenen Stücken; übrigens aber besitzt das Modell das nämliche Aeussere wie der herzustellende Abguss.

Man stellt das Modell auf einem Lehrboden in umgekehrter Lage (mit der Oeffnung nach unten) auf, den Mittelkasten darüber und stampft aussen um das Modell herum Formsand auf, bis der Kasten gefüllt ist. Nun wendet man, setzt den Unterkasten auf, bestreut die ringförmige Sandfläche rings um den Topf herum mit Kohlenpulver und stampft den inneren Raum des Topfes sowie den Unterkasten in einem Stücke mit Sand aus. Hierbei ist zu beachten, dass die Gase, welche beim Giessen innerhalb des Topfes sich entwickeln, sämtlich nach unten entweichen müssen, da die Form oben durch den Topfboden geschlossen ist. Der Sand zu dem „Kerne", d. h. dem Sandkörper, welcher die Hohlung des Topfs bildet, muss also besonders durchlässig sein, und man muss sorgfältig Luft stechen. Sollten diese Mittel noch nicht ausreichen, das Kochen des Eisens zu verhüten, so bringt man einen sogenannten Lufttrichter an, indem man beim Einformen ein schlank konisches Holzstück — ein Eingussmodell ist dazu tauglich — in der Mitte des Kerns einlegt, so dass es bis nahe unter den Boden des Topfs hinaufreicht und unten zutage mündet, solcherart eine Oeffnung in der Mitte herstellend, welche später mit ganz magerem, grobkörnigem Sande ausgefüllt wird und die Gase entweichen lässt. Ist das Einformen des Unterkastens beendet, so wendet man abermals und zwar beide Kasten gemeinschaftlich, ebnet den Sandkörper an der Oberfläche mit dem Streichbleche, streut Kohle auf, reinigt die freiliegende Oberfläche des Modells (des Topfbodens) von Sand und Kohle, setzt den Oberkasten auf und stampft auch diesen voll Sand. Der Einguss ist keilförmig und geht quer über den ganzen Topfboden hinüber. Alsdann wird das Oberteil abgehoben und zur Seite gesetzt, das Mittelteil, wenn der Topf gerade Seitenflächen hat, in einem Stücke von dem zurückbleibenden Modelle abgezogen, worauf auch dieses von dem Kerne sich abheben lässt; war aber ein Bauchtopf geformt, so löst man die Klammern, welche die beiden Hälften des Mittelkastens verbinden, zieht jede der letzteren mit der zugehörigen Modellhälfte seitlich vom Kerne ab und nimmt dann das Modell heraus. Das Henkelmodell bleibt in beiden Fällen im Sande stecken und wird nun erst vorsichtig in zwei Stücken herausgezogen. Alsdann wird die Gussform gestäubt, geglättet und wieder zusammengesetzt. Die Abbildung Fig. 117 stellt die fertige Gussform dar. a ist das Oberteil, b das Mittelteil, c das Unterteil.

Fig. 117.

Bei einem anderen vor Jahren in Schottland ausgebildeten Verfahren[1]) wird die äussere Form sowohl als der Kern jedes für sich allein über ein besonderes Modell geformt und dann erst zusammen-

[1]) Dinglers Polyt. Journal, Band 140, S, 192.

gesetzt. Für Handformerei hat das Verfahren in Deutschland keine Nachahmung gefunden; für Maschinenformerei ist das Verfahren später wieder aufgenommen worden.

Die freie Formerei mit Modellen.

Das Verfahren ist in der Eisen- und Stahlgiesserei selten in Anwendung. Man bedient sich seiner, wenn zu irgend einem Gegenstande ein passender Formkasten nicht vorhanden, die Anfertigung eines neuen Formkastens zu kostspielig, Herdguss mit Kernstücken nicht anwendbar ist. Als Formmaterial dient fast immer Lehm.

Am meisten wird die freie Modellformerei benutzt bei Herstellung von Bildsäulen von solcher Grösse, dass die Anwendung eines Formkastens als Rüstung der Gussform nicht mehr zweckdienlich sein würde. Die Beschreibung der Anfertigung einer Gussform für eine grosse Bildsäule möge deshalb als Beispiel für diese Art der Formerei überhaupt dienen, obgleich als Metall für gegossene Bildsäulen nicht Eisen, sondern Bronze benutzt zu werden pflegt.

Der allgemeine Gang des Verfahrens ist folgender. Um das Modell herum wird die Gussform aus so vielen einzelnen Stücken hergestellt, dass sich diese vom Modelle ohne Gefahr einer Beschädigung abheben lassen. Die Stücke müssen, da der Formkasten fehlt, durch eine entsprechende Rüstung — in der Bildsäulenformerei benutzt man dafür einen umgegossenen Gipsmantel — die nötige Steifigkeit und Festigkeit erhalten. Sie werden alsdann einzeln vom Modelle abgelöst und getrocknet. Soll der Abguss hohl werden, was bei Bildsäulen regelmässig der Fall ist, so kleidet man die Stücke mit Thonplatten von derjenigen Stärke aus, welche der Abguss erhalten soll, setzt sie wieder zusammen und bildet solcherart einen Kernkasten, in welchem der Kern geformt wird. Hierauf wird die Gussform wieder zerlegt, die Thonplatten werden entfernt, und die Gussform wird schliesslich wieder um den Kern herum zusammengesetzt.

Das Verfahren im besonderen aber verläuft folgendermassen.

Das Modell wird vom Bildhauer in Gips angeliefert. Man sägt einzelne stark vorstehende Teile ab, welche die Herstellung unverhältnismässig erschweren würden und nicht zum Tragen des Abgusses dienen (z. B. den Schweif eines Pferdes), um sie für sich zu giessen und später an den Abguss des Hauptteils anzusetzen. Der übrig gebliebene Teil des Modells wird auf einen gemauerten Sockel gestellt, welcher später als Unterlage der Form und des Kerns zu dienen hat. Nun zeichnet der Giessermeister mit Kohle auf dem Modelle die Umrisse der einzelnen Stücke vor, aus denen die Gussform bestehen muss, damit sie sich von dem Modelle ablösen lassen, ohne dass die Zahl der einzelnen Stücke über Gebühr ausgedehnt werde. Bei der gewöhnlich stark unterschnittenen Form solcher Gegenstände, den zahlreichen Falten des Gewandes u. s. w. ist es jedoch bei aller Umsicht meistens unvermeidlich, dass ziemlich viele Kernstücke erforderlich werden und der Umfang jedes einzelnen verhältnismässig gering bleibe. Die Arbeiter beginnen alsdann, von unten anfangend, aus freier Hand die Kernstücke aus feinem magerem Lehm an das Modell anzuformen. Ihre

Stärke beträgt 30 bis 40 mm. Ist ein solches Stück geformt, so trocknet man es oberflächlich durch Annäherung einer mit glühenden Kohlen gefüllten Pfanne und bestreut die Rückenfläche nebst den Seitenflächen mit feingesiebter Asche oder Hexenmehl *(Semen Lycopodii)*, damit nicht die benachbarten Stücke daran haften. Solcherart wird Stück an Stück geformt, und bei grossen Gegenständen geht man zur Beschleunigung der Arbeit an mehreren Stellen zugleich mit der Arbeit des Anformens vor. Damit die Stücke nicht vom Modelle abfallen, heftet man sie mit feinen Drahtstiftchen fest. Grosse Gussformen dieser Art, bei denen, wie erwähnt, die Zahl der erforderlichen Stücke sehr gross zu sein pflegt, würden jedoch, wenn die Stücke später vom Modell abgenommen sind und dieses entfernt ist, sich ohne weiteres schwierig wieder zusammensetzen lassen; aus diesem Grunde vereinigt man nun mehrere — gewöhnlich drei bis vier oder noch mehr — jener eigentlichen Kernstücke zu einem Ganzen, indem man hinter ihnen eine zweite Lage aus fetterem Lehm anformt, aus einzelnen Stücken von grösserem Umfange bestehend, deren jedes die darunter liegenden Kernstücke abdeckt, so dass die seitlichen Umrisse des äusseren Stückes mit den seitlichen Begrenzungen der zusammengehörigen Kernstücke zusammenfallen. Bei dem späteren Ablösen der Gussform vom Modelle müssen beide Lagen getrennt eine nach der andern losgenommen werden, da ja die unteren Kernstücke sich nur einzeln abheben lassen; aus diesem Grunde muss aber auch bei Herstellung jener zweiten Schicht Rücksicht genommen werden, dass die Teile sich von den darunterliegenden Kernstücken frei abheben. Es dürfen demnach nur solche Kernstücke durch ein gemeinschaftliches Deckstück vereinigt werden, an deren Rückseite keine Unterschneidungen vorhanden sind, und man formt deshalb von vornherein die Rückseite der Kernstücke so flach als möglich. Die Stücke der zweiten Lage pflegen etwa 700 bis 1000 mm lang und breit zu sein. Die Seitenflächen der einzelnen Stücke werden wieder gepudert, die Rückenflächen dagegen nicht, und man bringt nun auf diese als Rüstung eine Gipslage von 400 bis 700 mm Stärke in derselben Einteilung wie der darunter liegenden zweiten Lehmschicht, so dass die Teile des Gipsmantels mit den Teilen der Lehmschicht zusammenhängende Stücke bilden. Zum Auftragen des Gipses rührt man ihn mit Wasser zu einem dünnen Breie an, bringt diesen schichtenweise auf den Lehmmantel und streicht die Seitenflächen während des rasch eintretenden Erstarrens glatt. Erst wenn ein Stück fest geworden ist, wird das daneben gehörige geformt, damit nicht die benachbarten Stücke aneinander haften. Um jedoch das spätere Zusammenpassen der Gussformteile zu erleichtern, versieht man die Gipsstücke an den sich berührenden Seitenflächen mit zusammengreifenden Vorsprüngen und Nuten. Ausserdem werden die einzelnen Stücke an der Rückseite mit fortlaufenden Nummern bezeichnet. Teils um das Abnehmen und Tragen der Stücke bequemer zu machen, hauptsächlich auch, um die später erforderliche Verankerung der fertigen Gussform durch eiserne umgelegte und befestigte Bänder zu erleichtern, legt man beim Aufbringen des Gipses in jedes Stück ein bis zwei Eisenstäbe derartig ein, dass sie gegen die Form gerichtet sind und ihre Enden äusserlich um etwa 10 cm herausragen.

Das Modell ist nun in der beschriebenen Weise durch zwei Hüllen eingeschlossen; die innere Hülle besteht aus zahlreicheren dünneren Kernstücken aus Lehm, die äussere Hülle aus einer geringeren Zahl dicker Stücke, welche an der Innenseite aus Lehm, an der Aussenseite aus Gips gebildet sind. Man nimmt jetzt den äusseren Mantel behutsam Stück für Stück von den noch auf dem Modell haftenden Kernstücken los und legt die Teile beiseite. Auf ihrer Innenfläche schneidet man alsdann Kanäle ein, welche teils, von dem Scheitel der Gussform auslaufend und sich rings um dieselbe her verzweigend, zur späteren Zuleitung des flüssigen Metalls bestimmt sind, teils den Zweck haben, die im Innern der Gussform eingeschlossene Luft nach aussen zu führen. Durch eingefeilte Querkanäle an den Seitenflächen der Mantel- und Kernstücke werden jene zwischen beiden Mänteln befindlichen Hauptkanäle später mit dem Innern verbunden. Nunmehr werden auch die Kernstücke vom Modelle abgenommen, an ihre betreffende Stelle innerhalb der grösseren Mantelstücke eingelegt, mit Drahtstiften befestigt und verputzt. Alsdann werden sämtliche Stücke bei mässiger Wärme getrocknet.

Inzwischen entfernt man das Modell von der erwähnten Unterlage und stellt an dessen Stelle ein Kerngerippe aus Eisenstäben auf. Mit Platten aus feuchtem bildsamem Thone von der Stärke des herzustellenden Abgusses kleidet man die Innenflächen der Kernstücke aus, indem man mit Hilfe starker Borstenpinsel die gewalzten Thonplatten in alle Vertiefungen sorgfältig eindrückt. Ist dieses geschehen und der Thon etwas getrocknet, so setzt man den ganzen Mantel nebst seiner Auskleidung um das Kerngerippe zusammen, dabei prüfend, ob letzteres auch die richtigen Abmessungen erhalten hat, und, wenn nötig, durch Biegen u. s. w. der Eisenstäbe hier und da nachhelfend.

Es folgt dann das Eingiessen der Kernmasse durch eine am oberen Ende der Gussform gelassene Oeffnung, bei einem Reiterstandbilde z. B. durch den Hals des Reiters, von dem der Kopf getrennt war, um für sich gegossen zu werden. Die Kernmasse besteht aus einem Gemenge von Gips mit Ziegelmehl oder Formsand, mit Pferdedünger oder Kuhhaaren vermischt und mit Wasser zu einem langsam fliessenden Brei angerührt. Da die Masse rasch erstarrt, pflegt sie in einzelnen Teilen angefertigt und eingegossen zu werden.

Nach einigen Stunden kann man den Mantel abnehmen, die Thonplatten loslösen und die schadhaften Stellen des Mantels ausbessern, worauf er nochmals getrocknet wird. Auch der Kern wird scharf getrocknet und ausgebessert, dann wird der Mantel wieder um den Kern zusammengesetzt, die ganze Form verankert, in der Dammgrube mit Sand umstampft und zum Gusse fertig gemacht.

3. Die Modellplatten.

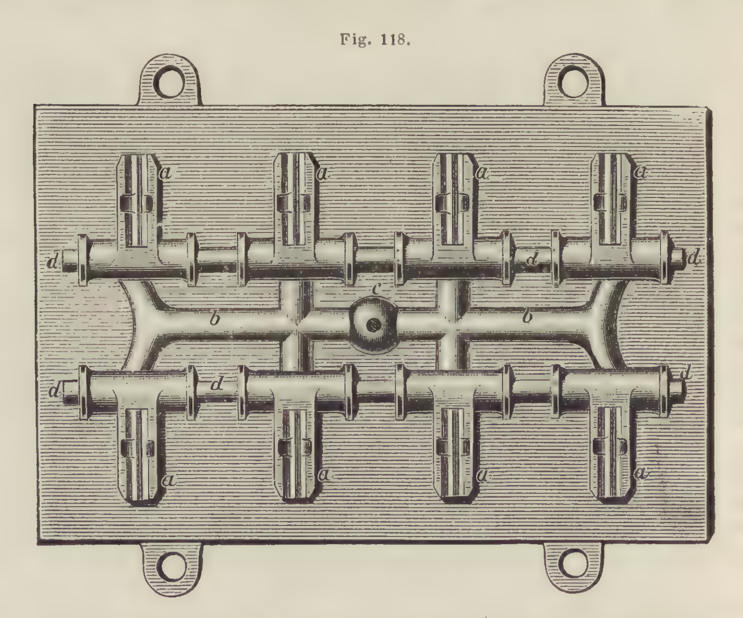
Wenn zahlreiche gleiche Abgüsse von nicht sehr beträchtlichen Abmessungen und insbesondere nicht sehr beträchtlicher Höhe im Formkasten gefertigt werden sollen — Ofenplatten, flache Maschinenteile u. a. m. —, so lässt sich das früher beschriebene Verfahren des Aufstampfens, Wendens u. s. w. in folgender Weise abkürzen.

Man benutzt zwei Platten aus Eisen oder Bronze, auf deren einer die in den Unterkasten kommende Modellhälfte befestigt ist, während die andere die in den Oberkasten kommende Modellhälfte trägt. Liegt das Modell vollständig im Unterkasten, und ist es an der oberen Seite durch eine wagerechte Ebene begrenzt, so ist die zweite Platte an der Oberfläche eben. Die eine der beiden Platten enthält Dübellöcher, in welche die Dübel der zugehörigen Formkastenhälfte hineinpassen; die zweite Platte trägt aufrechtstehende Dübel, welche den Dübellöchern der zugehörigen Formkastenhälfte entsprechen. Die Anordnung dieser Dübel und Dübellöcher, sowie die Anordnung der Modellhälften auf den Platten muss eine solche sein, dass die beiden Gussformhälften genau aufeinander passen, wenn man sie getrennt auf den beiden Platten aufgestampft hat.

Solche Platten nennt man Modellplatten. Sie sind nach Fischer[1]) im Jahre 1827 zuerst durch Frankenfeld auf dem Eisenwerke Rotehütte am Harze eingeführt worden und haben seitdem, zumal in den letzten Jahrzehnten, sich vielfach als nützlich bewährt.

In verschiedener Hinsicht wird durch Benutzung der Modellplatten Arbeit gespart. Das Modell hat sofort seine richtige Lage auf der Platte, der Formkasten seine richtige Stellung zum Modelle. Alles Einpassen fällt weg. In erhöhtem Masse wird hierdurch Zeit erspart, wenn man mehrere Abgüsse in demselben Formkasten fertigen will, was bei kleinen Gegenständen fast immer vorteilhaft ist. Nicht nur

Fig. 118.



hat jedes einzelne Modell in diesem Falle schon von vornherein seine bestimmte Lage auf der Platte, sondern auch die Einläufe und Ver-

---

[1]) Dinglers Polytechn. Journal, Bd. 246, S. 544.

bindungskanäle, welche bei dem früher beschriebenen Verfahren mit Hilfe des Löffels angeschnitten werden müssen, lassen sich im Modelle anbringen und werden demnach schon beim Einformen hergestellt. Die Abbildung Fig. 118 zeigt eine solche, für die untere Hälfte der betreffenden Gussform bestimmte Modellplatte mit acht einzelnen Modellen a a. Der Einlauf für das flüssige Metall ist mit b b bezeichnet; c ist die in der Form sumpfartig ausgehöhlte Stelle, wo der aus dem Oberkasten niederkommende Einguss in den Einlauf mündet, d d sind die für je vier Abgüsse gemeinschaftlichen Kernmarken, so dass im ganzen nur zwei lange Kerne gefertigt und eingelegt zu werden brauchen.

Besonders wichtig ferner ist der Umstand, dass das Herausheben des Modells aus der Gussform (oder das Abheben des Formkastens vom Modelle) rascher und sicherer von statten geht als bei dem gewöhnlichen Verfahren [1]). Die Dübel der Formkastenteile oder Modellplatten sind in den gebohrten Dübellöchern geführt, und die Bewegung beim Abheben ist hierdurch sicherer geworden als beim Herausziehen des Modells mit freier Hand; Beschädigungen der Gussform beim Herausziehen kommen weniger vor; Modellschrauben sind entbehrlich und die Arbeit, sie einzudrehen, kommt in Wegfall.

Die Arbeitsleistung des einzelnen Arbeiters lässt sich in solchen Fällen, wo Modellplatten überhaupt anwendbar sind, durch ihre Benutzung um ein Zehntel bis ein Fünftel steigern.

Von Wichtigkeit aber ist die Erfüllung der Aufgabe, die Modellplatten mit der erforderlichen Genauigkeit herzustellen. Man kann hierbei in verschiedener Weise zu Werke gehen.

Man kann z. B. die übrigens fertigen, aber auf den Platten noch nicht befestigten Modelle zunächst in gewöhnlicher Weise einformen, die Formkastenteile auseinander nehmen und jede Hälfte mit den noch darin befindlichen Modellen auf die zugehörige Modellplatte setzen. Es ist nun nicht schwer, die Lage des Modells auf der Platte festzulegen — z. B. indem man behutsam den über dem Modelle befindlichen Sand ausgräbt, ohne das Modell aus seiner Lage zu verschieben, dann mit einer Reissnadel die Umrisse auf der Platte anzeichnet und nun, nachdem der Formkasten entfernt ist, das Modell mit Schrauben auf der Platte befestigt. Immerhin ist es empfehlenswert, die Befestigung zuerst so zu bewirken, dass sie leicht wieder gelöst werden kann, wenn sich Veränderungen notwendig machen sollten. Man formt beide Kastenhälften auf den vorgerichteten Modellplatten ein, setzt sie zusammen, giesst ab und prüft an dem Aussehen der Abgüsse, ob beide Hälften genau aufeinander passen oder ob noch Veränderungen vorzunehmen sind.

Ein anderes von Fr. Dehne in Halberstadt eingeführtes Verfahren ist folgendes [2]). Das Modell wird wie gewöhnlich eingeformt,

---

[1]) Ob man die Modellplatte von dem Formkasten abhebt, nachdem zuvor beide gewendet worden waren, oder den Formkasten von der Platte ohne zuvoriges Wenden, muss von der Form der Modelle abhängig sein. Flache Modelle ermöglichen die Anwendung des letzteren einfacheren Verfahrens; der Formkasten muss dann mit Sandleisten versehen sein, welche das Herausfallen des Sandes verhüten.

[2]) Patentschrift Nr. 1391, 8669. 15271.

der Formkasten auseinander genommen und das Modell herausgezogen. Zwischen beide Formkastenhälften legt man nun einen Holzrahmen von der Stärke, welche die Modellplatte erhalten soll und giesst diesen mit Eisen oder irgend einer erhärtenden bildsamen Masse aus, welche geeignet ist, als Material für die Modellplatte zu dienen. Der entstehende Abguss bildet eine Modellplatte, welche auf der einen Seite die Modellhälften für den Unterkasten, auf der anderen Seite für den Oberkasten enthält und demnach jedesmal umgedreht werden muss, wenn ein Kastenteil eingeformt ist. Sie wird in einem gusseisernen Rahmen befestigt, welcher mit den entsprechenden Vorrichtungen (Dübellöchern oder dergleichen) versehen ist, um die richtige Stellung des Formkastens zu sichern. Dieses Verfahren ist einfacher als das zuvor beschriebene; wo es aber auf grosse Genauigkeit der Abgüsse ankommt, dürfte jenes, bei der sowohl die Modellplatte als jedes Modell einzeln bearbeitet werden kann, den Vorzug verdienen.

4. Die Formmaschinen.

Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts macht sich in den Giessereien das Bestreben bemerkbar, maschinelle Vorrichtungen zur Herstellung der Gussformen in Anwendung zu bringen, sei es, um an menschlicher Arbeit zu sparen, sei es, um bei gewissen Gegenständen die Modellkosten zu verringern. Ziemlich lange Zeit jedoch blieben diese Bestrebungen vereinzelt, und die Mehrzahl der Giessereileute erhielt nicht einmal Kunde davon; erst seit Beginn der siebenziger Jahre fanden die Formmaschinen ausgedehntere Benutzung, und in jetziger Zeit dürfte es nur wenige grosse Giessereien geben, welche nicht eine oder die andere Formmaschine besitzen.

Mit dieser Zunahme der Verwendung von Formmaschinen in den letzten Jahrzehnten hat die Vermehrung ihrer Arten Schritt gehalten, und eine nur einigermassen erschöpfende Beschreibung aller der Formmaschinen, welche im Laufe der Zeit erfunden worden sind, würde allein einen Band füllen können. Sie würde jedoch für die Mehrzahl der Leser eines Handbuchs der Eisen- und Stahlgiesserei nicht einmal besonderen Wert haben. Die Patentschriften und die unten gegebenen Litteraturnachweise geben jedem, der sich eingehender über die bisher gemachten Vorschläge belehren will, eine ausreichende Gelegenheit dazu.

Es möge daher genügen, die wesentlichsten Unterschiede der Formmaschinen-Gattungen zu kennzeichnen und durch einige Beispiele zu erläutern.

Ihrer Wirkungsweise gemäss lassen sich sämtliche Formmaschinen in drei Gruppen sondern:

Formmaschinen, welche nur die Bestimmung haben, das Modell aus der Form zu ziehen oder die Form vom Modelle abzuheben, allgemein also das Auslösen des Modells zu bewirken;

Formmaschinen, welche die Handarbeit beim Einstampfen des Formmaterials entbehrlich machen und daneben gewöhnlich auch die Aufgabe der zuerst erwähnten Gruppe, das Auslösen des Modells zu bewirken, erfüllen;

Formmaschinen, welche eine Ersparung an Modellkosten bezwecken.

Formmaschinen zum Auslösen des Modells.

Bei der Beschreibung der Modellplatten wurde des Vorteils gedacht, welchen die sichere Bewegung beim Herausziehen des Modells gewährt. Diese Sicherheit wird noch grösser, wenn die Modellplatte oder der Formkasten — je nachdem die eine oder der andere die Bewegung auszuführen bestimmt ist — nicht von Hand, sondern, in Führungen gleitend, durch Vermittelung einer Zahnstange, einer Schraube, eines Hebels bewegt wird. In jenen Fällen aber, wo die Modellplatte die Bewegung ausführt, während der Formkasten ruht, lässt sich die Gefahr einer Beschädigung der Gussform beim Auslösen des Modells fernerhin einschränken, wenn der Formkasten beim Einformen auf einer eisernen Tischplatte mit Oeffnungen steht, welche den unteren Rand des in den Formkasten hineinragenden Modells umschliessen, so dass letzteres beim Herausziehen seinen Weg durch die Oeffnungen hindurch nimmt. Die Anwendung dieses Mittels ist besonders dann von Vorteil, wenn Modelle mit steilen und eng gegliederten Seitenflächen ausgehoben werden sollen.

Hat man z. B. ein Stirnrad zu formen, so ist in der Tischplatte eine Oeffnung angebracht, welche den Umfang des Stirnrades mit allen Zähnen und Zahnlücken umschliesst. Die Höhenabmessung des Modells ist um soviel, als die Stärke der Tischplatte beträgt, vergrössert; beim Einformen legt sich die Modellplatte dicht unter die Tischplatte, und das Modell ragt um das Mass seiner wirklichen Höhe aus letzterer hervor. Beim Herausziehen geht es abwärts durch die Oeffnung hindurch; jeder Zahn hat hierbei seine sichere Führung. Während beim Herausziehen eines gewöhnlichen Modells mit der Hand mitunter mehr als die Hälfte der Zähne der Gussform beschädigt wird und einer zeitraubenden Ausbesserung bedarf, bleibt die Gussform bei Benutzung der Formmaschine unbeschädigt, und der Abguss fällt genauer aus.

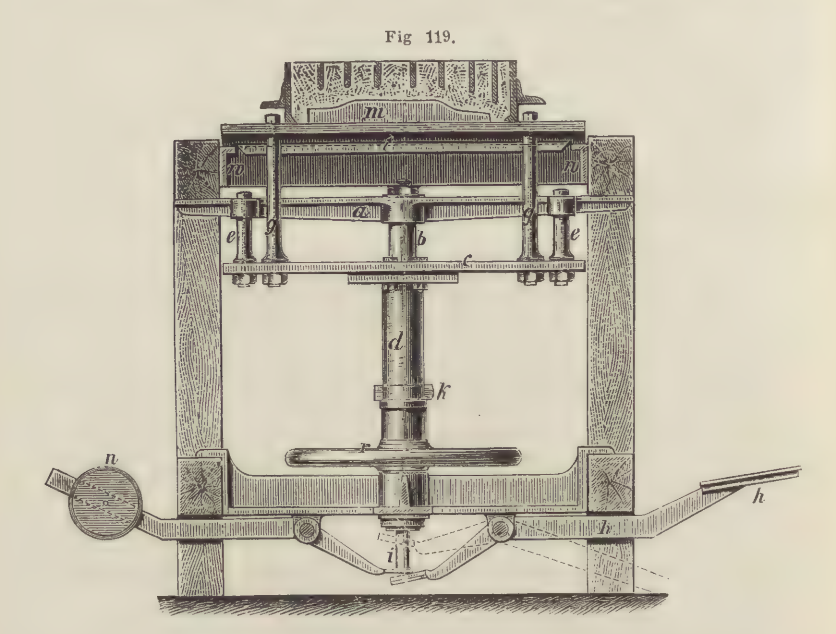
Wie beim Einformen auf Modellplatten ohne Formmaschinen ist für Ober- und Unterkasten je eine besondere Modellplatte erforderlich; häufig benutzt man auch zwei Maschinen, um das Auswechseln der Modellplatten entbehrlich zu machen.

Eine Formmaschine, bei welcher der Formkasten von der in Ruhe verharrenden Modellplatte abgehoben wird, ist in Fig. 119 dargestellt [1]). m ist das Modell mit der darunter befindlichen Modellplatte. Letztere ruht auf zwei Gusseisenschienen l, deren Enden von dem im Gestell der Maschine befestigten Rahmen w getragen werden. Sie können in geringerem oder grösserem Abstande voneinander eingelegt werden, wie es der Grösse der jedesmal zur Benutzung genommenen Modellplatte entspricht. Das Abheben des auf der Modellplatte stehenden Formkastens wird mit Hilfe von vier senkrecht stehenden, im Rechtecke angeordneten Bolzen g g bewirkt, welche auf der Platte c befestigt sind, durch Bohrungen der Modellplatte hindurchgehen und beim Empordrücken unter die am Formkasten befestigten, in der Abbildung erkennbaren Winkel greifen. Jene Emporbewegung geschieht von dem als

[1]) Formmaschine von R. Ludwig und Eduard Reuling in Mannheim.

Kniehebel eingerichteten Fusstritte h aus durch Vermittelung des Stifts i. Letzterer drückt unter den quer durch die Hülse d hindurchgehenden Keil k und hebt somit diesen samt der Hülse und der auf ihr ruhenden Platte c nebst den Bolzen g empor; lässt man h los, so bewegen sich die gehobenen Teile vermöge ihres Eigengewichts wieder abwärts.

Fig 119.



n ist ein Gegengewicht mit Hebel zum Ausgleiche des Gewichts der Gussform. Die innen ausgebohrte Hülse d umschliesst das aussen abgedrehte Rohr b und ist hierdurch senkrecht geführt; ausserdem dienen die Stifte e e, welche durch Bohrungen des Querstücks a hindurchgehen, als Führungen für die Platte c. Das Rohr b ist an der Stelle, wo der Keil k sich befindet, mit senkrechten Schlitzen versehen, in welchen dieser sich auf- und abwärts bewegen kann, während er die Hülse d hebt.

Sollte bei ausnahmsweise grossem Gewichte der Gussform der Hebel h nicht zum Anheben ausreichen, so wird das Handrad r für diesen Zweck in Benutzung genommen. Seine Nabe, welche das Rohr b umschliesst, ist mit Muttergewinde versehen, welchem ein Schraubengewinde an der Aussenfläche von b entspricht. Das Handrad, während es gedreht wird, steigt oder sinkt also, überträgt diese letztere Bewegung auch auf die Hülse d und durch diese auf c und g.

Anstatt den Formkasten, wie bei der vorstehend beschriebenen Maschine, von der Modellplatte abzuheben und dann erst mit der Hand zu wenden, um ihn in die zum Fertigmachen geeignete Lage zu bringen, kann es mitunter zweckmässiger sein, zunächst schon auf der Formmaschine den Formkasten samt der Modellplatte zu wenden und erst

dann die Auslösung des Modells zu bewirken. Eine Formmaschine, welche in letzterer Weise wirksam ist, von G. Woolnough und Fr. Dehne erfunden[1]) und ziemlich häufig benutzt, ist in Fig. 120 und 121 abgebildet. Fig. 120 zeigt ein Schaubild der Maschine, Fig. 121 einen Schnitt durch einen der beiden Ständer. n ist ein mit zwei Zapfen versehener Rahmen, in welchen die zum Auswechseln ein-

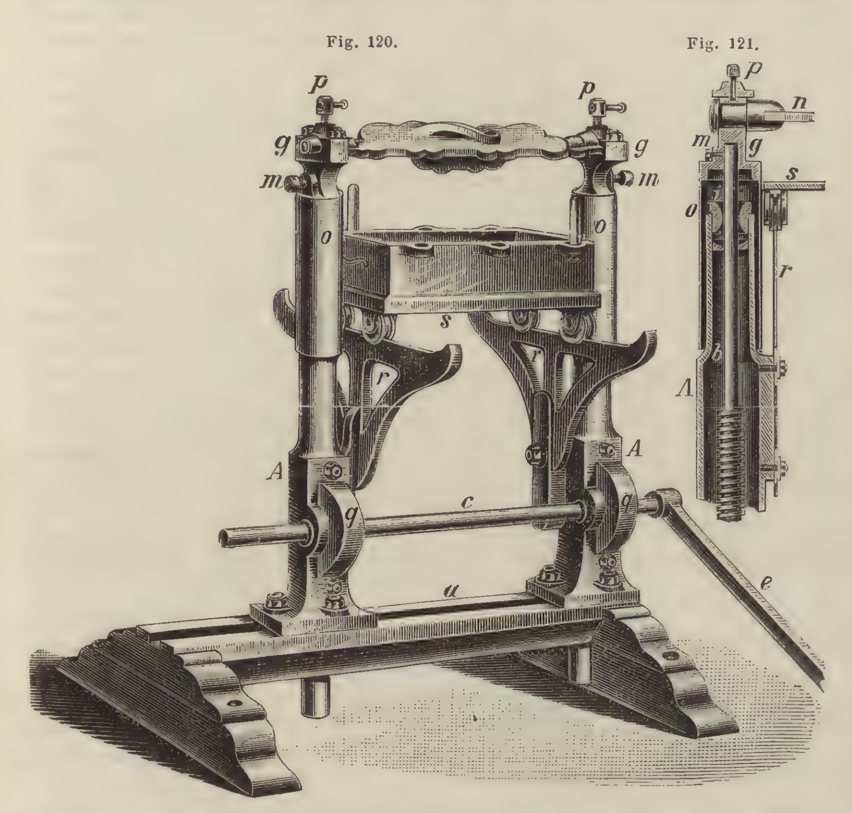


Fig. 120. Fig. 121.

gerichtete Modellplatte eingesetzt wird. Letztere trägt auf der einen Seite das Modell für den Oberkasten, auf der andern Seite das Modell für den Unterkasten und lässt sich nach dem auf S. 259 beschriebenen Verfahren herstellen. Auf dem Fusse a stehen zwei hohle Säulen A A, welche nach Erfordernis einander genähert und voneinander entfernt werden können, wenn kürzere oder längere Modellplatten eingesetzt werden sollen. In diesen Säulen befinden sich zwei schmiedeiserne Spindeln b, oben und unten in Büchsen geführt, senkrecht verstellbar und in dem unteren Teile mit Schraubengewinde versehen. In diese Gewinde greifen zwei auf der Querwelle c sitzende Getriebe, durch die Blechkapseln q vor dem einfallenden Sande geschützt; dreht man die

[1]) Die Maschine wird von der Maschinenfabrik Fr. Dehne in Halberstadt gebaut.

Welle mit Hilfe des Handhebels e, so werden die Spindeln wie Zahnstangen durch die Getriebe gehoben oder gesenkt; sind ihre Gewinde aber an der Angriffsstelle abgenutzt, so braucht man sie nur etwas zu drehen, wodurch sofort wieder genauer Eingriff hergestellt wird. Durch diesen einfachen Kunstgriff lässt sich ohne Schwierigkeit eine genaue Einstellung bewirken, so dass die Spindeln sich ganz gleichmässig bewegen. Damit nicht die Stopfbüchsen i, durch welche die Spindeln oben geführt sind, durch hineinfallenden Sand beschädigt werden können, sind sie durch darüber gehängte Blechcylinder o o geschützt, welche an den gusseisernen Kopfstücken g g befestigt sind. Diese Kopfstücke, welche drehbar auf den Enden der Spindeln aufgesteckt sind und vermittelst der Stellschrauben m festgestellt werden können, bilden die Lager für die Zapfen des Rahmens n für die Modellplatte; durch Anziehen der Schrauben p p wird letztere in ihrer Lage festgehalten. Unterhalb der Modellplatte befindet sich ein mit Laufrollen versehener eiserner Tisch s, welcher auf zwei Schienen r r aus starkem Eisenblech, die an den Säulen durch Schrauben befestigt sind, wagerecht verschoben werden kann. Die Höhe dieser Schienen ist mit Hilfe von Schlitzen, durch welche die Befestigungsschrauben hindurchgehen, verstellbar. Nachdem die Modellplatten mit ihren Zapfen in den Kopfstücken g g befestigt worden sind, wird die eine Kastenhälfte darauf gesetzt, durch Dübel mit Keilen befestigt und eingestampft. Durch Drehung des Hebels e hebt man die Modellplatte samt dem Kasten so hoch empor, dass ihre Drehung in den Zapfen nicht mehr durch den darunter befindlichen Tisch s gehindert wird, löst die Klemmschrauben p p, wendet die Platte mit dem Kasten um und senkt sie soweit, dass der Kasten auf dem Tische s zu stehen kommt. Nun wird die Verbindung der Platte mit dem Formkasten gelöst, und erstere allein gehoben. Sie hebt sich hierbei senkrecht aus der Form, ohne dass diese beschädigt wird; der Formkasten wird mit dem fahrbaren Tische s unter der Platte weggezogen und beiseite gestellt. Die Platte selbst ist nun ohne weiteres zur Aufnahme der zweiten Kastenhälfte bereit, da sie, wie oben erwähnt wurde, auf jeder ihrer beiden Seiten mit einer Modellhälfte versehen ist und demnach abwechselnd für beide Formkastenteile benutzt werden kann.

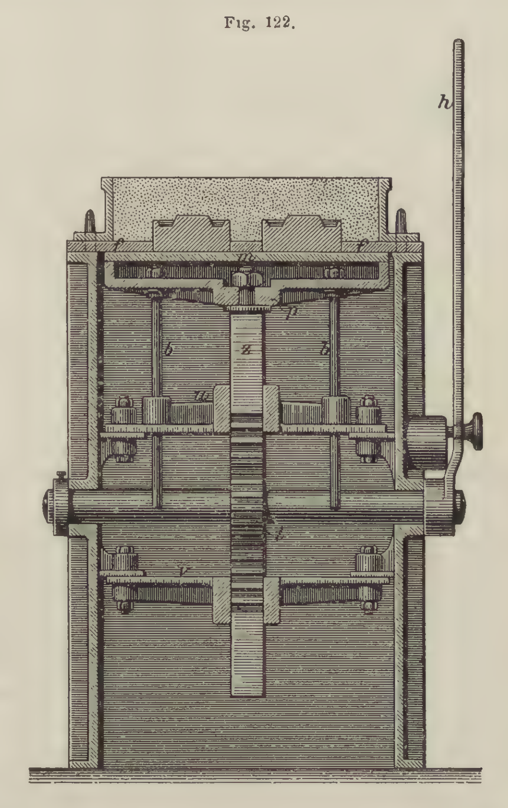
Als ein Beispiel solcher Formmaschinen, bei welchen das Auslösen des Modells durch Abwärtsbewegung der Modellplatte und Hindurchziehen der Modelle durch Schlitze der Tischplatte, auf welcher der Formkasten steht, bewirkt wird, kann die in Fig. 122 abgebildete Maschine dienen[1]). f ist die abgehobelte Tischplatte zur Aufnahme des Formkastens, dessen richtige Stellung durch Dübel und Dübellöcher gesichert ist, m die Modellplatte, welche auf der Platte p befestigt wird und ausgewechselt werden kann. Die Platte p sitzt fest auf dem Kopfe der Zahnstange z und lässt sich durch Drehung des Handhebels h, auf dessen Welle das Getriebe i befestigt ist, auf- und abwärts bewegen.

---

[1]) Nach Ugé. Die ursprüngliche Ugé sche Formmaschine ist zugleich mit einer Vorrichtung zum Festdrücken des Formsandes, also zum Ersatze der Handarbeit beim Einstampfen, versehen, welche hier weggelassen ist.

Die Abbildung zeigt die Stellung des Hebels und der Modellplatte während des Einformens; ist dieses beendet, wird der Hebel gedreht, die Zahnstange mit den darauf befestigten Teilen wird abwärts bewegt, die Modelle treten aus der Form heraus und der Formkasten kann abgehoben werden. Die Zahnstange ist in den Platten u und v geführt; ausserdem aber dienen die Stangen b b, welche durch Bohrungen der Platte u hindurchgehen, dazu, die Sicherheit der Bewegung zu erhöhen.

Fig. 122.



Für jede anzuwendende Modellplatte muss bei derartigen Maschinen eine besondere Tischplatte mit den betreffenden Einschnitten vorhanden sein, und da das Auswechseln dieser Platten immerhin einigen Zeitaufwand erheischt, ist es Regel, für Ober- und Unterkasten je eine besondere Maschine in Benutzung zu nehmen. Obschon die Anschaffungskosten hierdurch sich erhöhen, sind diese Formmaschinen beim Auslösen von Modellen mit steilen Seitenflächen doch vorteilhafter als die zuerst beschriebenen ohne die Vorrichtung zum Durchziehen, und ihre Anwendung ist häufig. Wie schon erwähnt wurde, benutzt man statt der Zahnstange mit Getriebe auch nicht selten einen Kniehebel zur Bewegung der Modellplatte.

Formmaschinen zum Ersatz der Handarbeit beim Einstampfen.

Unter den verschiedenen Verrichtungen des Formers bei Herstellung der Gussformen ist das Einstampfen des Formmaterials in den Formkasten nicht selten eine der zeitraubendsten. Gelingt es, sie durch Anwendung einer entsprechend eingerichteten Maschine abzukürzen, so müssen in gleichem Masse die Anfertigungskosten der Gussform sich verringern.

Auf verschiedene Weise hat man diesen Zweck zu erreichen versucht.

Bei einigen Formmaschinen werden Stampfer, welche unten mit einem entsprechend breiten Schuh ausgerüstet sind, durch Hebedaumen oder eine andere Vorrichtung gehoben und fallen durch ihr eigenes Gewicht, dessen Wirkung noch durch den Druck einer Feder oder in anderer Weise verstärkt werden kann, auf den eingeschütteten Sand nieder, diesen, wie beim Handstampfen, zusammendrückend. In anderen Fällen wird eine Platte, welche gerade in den Formkasten hineinpasst und mit Hilfe eines Hebels, einer Schraube, des Kolbens einer Wasserdruckpresse oder sonstwie bewegt wird, zum Zusammenpressen des eingeschütteten Formsandes benutzt; damit dieser nach dem Zusammendrücken den Formkasten voll ausfülle, gibt man letzterem einen rahmenförmigen Aufsatz von solcher Höhe, als die Zusammendrückung betragen soll, und entfernt den Rahmen, wenn seine Aufgabe erfüllt ist. Die Leistung zahlreicher Hübe mit der Hand wird in allen diesen Fällen durch wenige Hübe der Stampfmaschine durch einen einzigen Druck auf die erwähnte Platte ersetzt, und die Zeitdauer der Arbeit kann dadurch erheblich abgekürzt werden.

Trotzdem ist die Anwendung solcher Formmaschinen nicht in allen Fällen möglich. Die Erklärung hierfür liegt in der Schwierigkeit, bei Benutzung einer Maschine zum Einformen den Sand oder die Masse rings um das Modell herum überall so gleichmässig festzudrücken, dass die Gussform nicht abwechselnd feste und lose Stellen erhalte. Die Folgen solcher Ungleichmässigkeiten wurden bei der Beschreibung der Handformerei ausführlicher besprochen. Stampfmaschinen oder Pressen üben nur in einer einzigen Richtung ihre Wirkung aus. Hat man niedrige Gegenstände mit flacher Oberfläche — dünne Platten und dergleichen — zu formen, so ist es mit der Formmaschine noch leichter als mit der Hand, den aufgeschütteten Formsand gleichmässig auf dem Modelle festzudrüchen; sind aber die Seitenwände hoch und steil, so muss, da der Sand nicht, wie ein flüssiger Körper, den empfangenen Druck nach allen Richtungen hin gleichmässig fortpflanzt, und da an den Seitenflächen Reibung entsteht, an der obern Fläche des Modells eine stärkere Zusammendrückung als an den Seiten stattfinden. Bei sehr beträchtlicher Höhe des Modells (z. B. bei Röhren, welche stehend eingeformt werden sollen) würde es überhaupt nicht möglich sein, das ganze Formmaterial mit einem Male festzudrücken, sondern es muss, wie beim Handformen in verschiedenen Schichten übereinander eingebracht und nach und nach festgestampft oder gedrückt werden. Dadurch wird nicht allein die Arbeit verzögert, sondern die Einrichtung der Maschine wird auch wegen des Umstandes schwerfälliger, dass eine Verstellbarkeit der Stampf- oder Drückvorrichtung in der Höhenrichtung hierbei naturgemäss erforderlich ist.

Aber nicht allein steile Seitenwände, sondern auch stark gegliederte Oberflächen der Modelle rufen solche Schwierigkeiten hervor. Denkt man sich ein Modell, dessen Oberfläche höhere und tiefere Stellen besitzt, mit Formsand bedeckt und diesen Formsand durch eine ebene Platte zusammengedrückt, so wird man leicht sich sagen können, dass an den höheren Stellen des Modells, wo der Sand weniger hoch liegt, eine stärkere Zusammendrückung eintreten muss, als an den flacheren Stellen. Beträgt z. B. die Höhe der Sandschicht über dem Modelle vor dem Zu-

sammendrücken an einer Stelle 12 cm, an einer andern 8 cm, und die Zusammendrückung, d. h. die Hubhöhe der Pressplatte oder des Stampfers, sei 4 cm, so würde an der erstern Stelle der Sand auf ein Drittel, an der andern auf die Hälfte seines Rauminhalts zusammengedrückt werden. Ein mitunter angewendetes Mittel zur Umgehung dieses Missverhältnisses ist die Benutzung gegliederter statt ebener Druckplatten, deren untere Begrenzung der obern Begrenzung des Modells entspricht, so dass nach beendigtem Zusammendrücken die Höhe der Sandschicht an jeder Stelle die gleiche ist. Bei flacheren Modellen kann auf diese Weise ein leidlich guter Erfolg erzielt werden; bei höheren Modellen dagegen wird unter Umständen das Gegenteil dessen erreicht, was man beabsichtigte. Denn wenn z. B. ein Modell an einer Stelle 10 cm emporragt und demgemäss auch die Druckplatte hier um dasselbe Mass vertieft ist, die Hubhöhe der Platte aber, welche von der Höhe des Formkastens und der Beschaffenheit des Formmaterials abhängig ist, nur 8 cm beträgt, so würde an jener hohen Stelle überhaupt keine Zusammendrückung des Formsandes mehr stattfinden, sondern die Platte noch 2 cm von seiner Oberfläche entfernt bleiben, und selbst dann, wenn der Hub beträchtlicher ist, als die Höhe des Modells, kann es bei Anwendung gegliederter Platten doch leicht geschehen, dass die höheren Stellen zu wenig Druck empfangen.

Man hat versucht, diese Schwierigkeit dadurch zu umgehen, dass man bei einer Druckplatte, deren untere Begrenzung überall der obern Begrenzung des Modells folgt, die Vertiefungen vor dem Auflegen mit Formsand ausfüllt, so dass an jeder Stelle zwischen Modell und Druckplatte die Sandschicht gleich hoch ist[1]). Die Zusammendrückung der Sandschicht würde nunmehr gleichmässig sein, wenn nicht die schon erwähnte Reibung, welche der Sand an den Formkastenwänden und an den Seitenflächen der Modelle erfährt, auch hier ein nicht zu unterschätzendes Hindernis für die gleichmässige Zusammendrückung bildete.

Ein noch anderes, bei einzelnen Formmaschinen in Anwendung gebrachtes Mittel zur Erzielung einer gleichmässigen Zusammendrückung des Formmaterials ist die Benutzung nachgiebiger Druckplatten statt der starren: Luftkissen oder auch mit Wasser gefüllter Kissen, welche den an verschiedenen Stellen der gedrückten Sandoberfläche auftretenden, verschieden starken Widerständen gemäss ihre Form ändern und solcherart sich jenen Widerständen anpassen sollen. Der Einfluss jener Reibung zwischen dem Formsande und den Modellflächen wird jedoch auch auf diese Weise nicht beseitigt; je höher die Modelle und je steiler ihre Seitenflächen sind, desto schwieriger muss es auch in diesen Fällen werden, gleichmässige Zusammendrückung zu erzielen.

Dass man die meisten der zu dieser Gruppe gehörigen Formmaschinen zugleich mit einer Einrichtung zum Auslösen des Modells — wie bei den Maschinen der ersten Gruppe — zu versehen pflegt, wurde bereits früher erwähnt.

Eine Formmaschine zum Pressen des Sandes und zugleich zum Auslösen des Modells, von der Badischen Maschinenfabrik zu Durlach ge-

---

[1]) Zeitschrift des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses, 1880, Seite 481.

baut und in zahlreichen Giessereien eingeführt, zeigen die Abbildungen Fig. 123 und 124. M ist eine Modellplatte, auf dem Schwenkrahmen

Fig. 123.

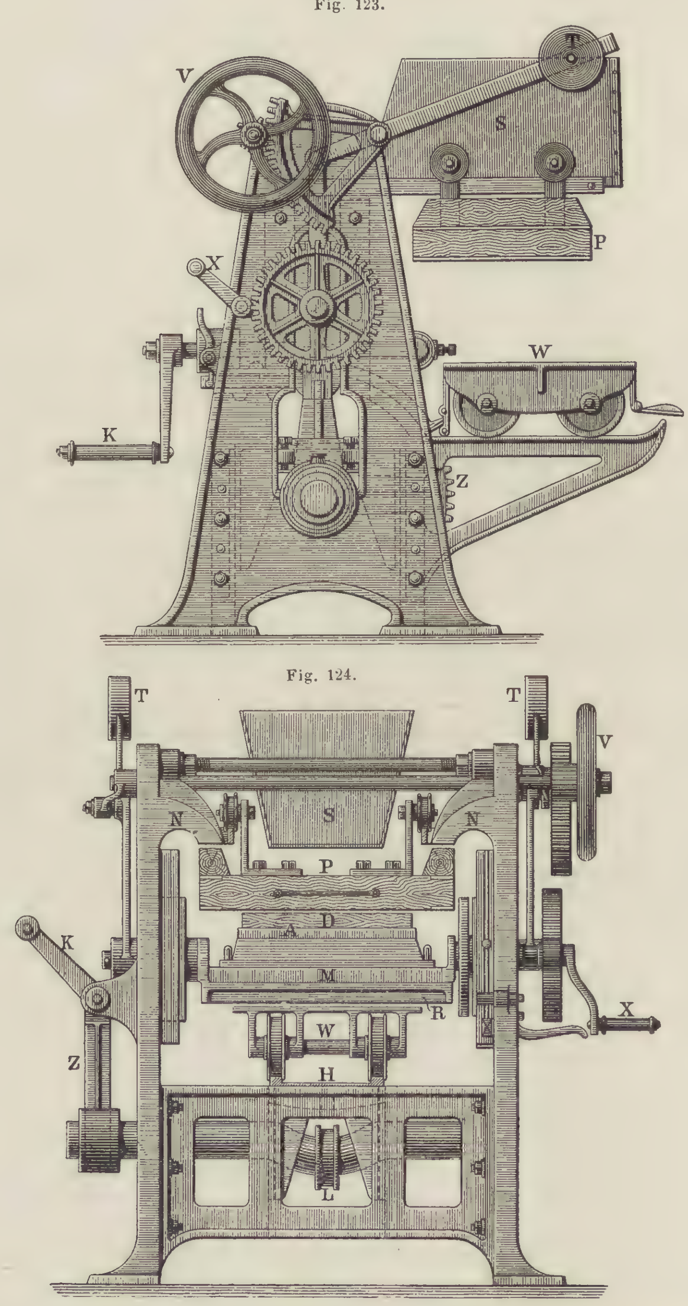


Fig. 124.

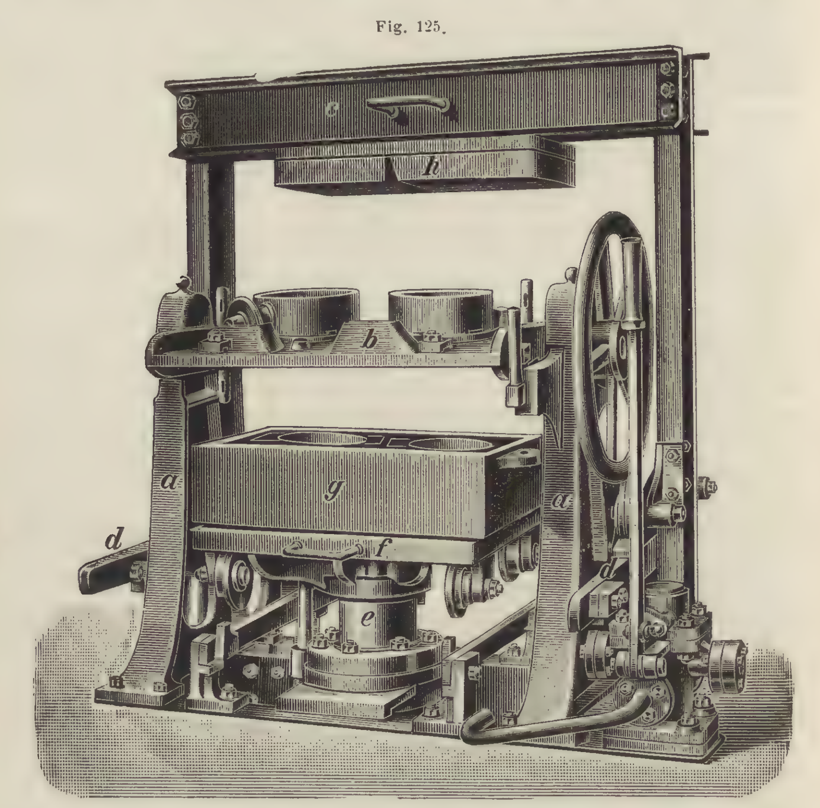
R befestigt. Auf die Modellplatte wird der Formkasten gestellt und auf diesen ein Aufsatzrahmen A, dessen Höhe gleich dem Masse der Zusammendrückung ist, welche der Sand erfahren soll. Aus dem Sandbehälter S wird der Formkasten nebst dem Aufsatzrahmen mit Formsand gefüllt; dann wird die hölzerne Druckplatte D, welche in den Aufsatz rahmen hineinpasst und deren Unterseite eben oder gegliedert sein kann, darauf gelegt, die hölzerne Platte P, welche mit Rollen auf Schienen fahrbar ist, darüber geschoben und die Kurbel K gedreht, Durch Vermittelung einer auf der Kurbelwelle sitzenden Schnecke und des Zahnradsegments Z wird die Bewegung auf die gekröpfte Welle L übertragen; diese drückt, sobald die Kröpfung nach oben kommt, unter den Presstisch H und hebt ihn samt dem darauf stehenden Wagen W, der Schwenkplatte R (deren Zapfen zu diesem Zwecke in senkrechten Führungen verschiebbar sind), dem Formkasten, Aufsatze und der Druckplatte empor, wobei letztere gegen die Pressplatte P gedrückt wird, deren Lage durch die an den Ständern angegossenen Nasen N N gesichert ist. Die Druckplatte D wird hierbei in den Aufsatzrahmen A hinein-, der Sand im Formkasten festgedrückt. Man senkt nun den Presstisch durch Zurückdrehen der Kurbel, schiebt die Pressplatte P in die in Fig. 123 gezeichnete Stellung zurück, zieht den Wagen W unter dem Schwenkrahmen R hervor, und erteilt letzterem vermittelst der Kurbel X eine Drehung um 180°. Der Wagen wird wieder untergeschoben, die Verbindung zwischen Formkasten und Modellplatte wird gelöst, dann hebt man den Rahmen M nebst der Modellplatte durch Drehung des Handrades V soviel empor, dass der Formkasten frei auf dem Wagen liegt — wobei die Gegengewichte T T zur Gewichtsausgleichung der gehobenen Teile dienen — und fährt den Wagen mit dem Formkasten unter der Modellplatte hervor. Ein neuer Formkasten wird aufgesetzt, der Rahmen R wieder gesenkt, und die Arbeit kann von neuem beginnen.

Bei dieser Formmaschine wird in einem Male und auf einer Modellplatte auch nur eine Gussformhälfte eingeformt. Es müssen demnach die zu einander gehörenden Formkastenhälften auf zwei Maschinen geformt werden (was bei Massendarstellung am bequemsten ist), oder man muss mit den Modellplatten wechseln.

Seit 1890 hat man bei den Formmaschinen dieser Gattung in grösseren Giessereien statt des von Hand bewegten Hebels zum Festdrücken des Formmaterials und Ausheben des Modells nicht selten Wasserdruck zur Anwendung gebracht. Man betreibt diese Formmaschinen beim Einformen von Sandgussformen mit einem Wasserdrucke von etwa 50 kg auf 1 qcm, beim Einformen von Massegussformen mit dem doppelten Drucke. Eine solche Formmaschine, gleichfalls von der Badischen Maschinenfabrik in Durlach gebaut, ist durch das Schaubild Fig. 125 dargestellt. In den zwei Ständern a a ist die um ihre Zapfen drehbare Modellplatte b gelagert, welche auf einer Seite das Modell für den Oberkasten, auf der anderen Seite das Modell für den Unterkasten trägt. Das Handrad an der rechten Seite dient zum Wenden. Oberhalb der Modellplatte befindet sich der von zwei Füssen getragene Pressholm c; durch Rollen, die an den Füssen befestigt sind, lässt er sich auf den beiden Schienen d d verschieben. e ist der Kolben des vertieft angeordneten Wasserdruckcylinders; an der rechten Seite der

Maschine gewahrt man den Steuerungshebel für das Zu- und Ableiten des Druckwassers. Der Kopf des Druckkolbens trägt den zur Aufnahme des fertig eingeformten Formkastens g bestimmten Wagen f, welcher

Fig. 125.



auf der darunter sichtbaren Schiene herangefahren werden kann, wenn der Kolben in seiner tiefsten Stellung sich befindet. Um einen Formkasten einzuformen, setzt man ihn auf die Modellplatte, wobei er, wie gewöhnlich, durch Dübel seine richtige Stellung erhält, und auf den Formkasten stellt man einen Aufsatzrahmen von derjenigen Höhe, um welche der Sand zusammengedrückt werden soll. Nun füllt man den Formkasten samt seinem Aufsatzrahmen mit Sand und legt einen in den Rahmen passenden Pressklotz darauf. Der Holm c, welcher zuvor zur Seite gerollt war, wird wieder an seine Stelle gebracht und durch Haken an dem Gestell der Maschine befestigt, worauf Druckwasser unter den Kolben gelassen wird. Dieser steigt, hebt den Wagen f empor, drückt diesen gegen den noch an der Unterseite der Modellplatte hängenden und durch die Dübel mit Keilen festgehaltenen, schon zuvor eingeformten Formkasten, welcher nun gleichfalls emporbewegt wird und die Modellplatte nebst dem darauf stehenden, frisch mit Sand gefüllten Formkasten nebst seinem Aufsatzrahmen und Pressklotze mitnimmt. Damit dieses Anheben der Modellplatte möglich sei, sind ihre Zapfen

in senkrechten Schlitzen der Lagerständer verschiebbar. Wenn der auf dem Sande des Aufsatzrahmens ruhende Pressklotz gegen den Holm trifft, wird er in den Aufsatzrahmen hineingedrückt und presst den Sand zusammen; der Hub erreicht sein Ende, wenn der Rand des Aufsatzrahmens gegen den Pressholm stösst. Durch Einsetzen einer Platte h in den Holm kann man die Höhe des Hubes regeln. Nunmehr senkt man den Druckkolben so weit, dass der Holm wieder zurückgerollt werden kann, nimmt den Aufsatzrahmen ab, streicht den Sand glatt, entfernt die Keile, welche den an der Unterseite der Modellplatte hängenden Formkasten an den Dübeln der Modellplatte festhalten, und senkt den Kolben tiefer, während man den Formkasten leicht beklopft, so dass dieser sich von der Modellplatte löst, um durch die in der Abbildung veranschaulichte Stellung allmählich in diejenige überzugehen, in welcher der Wagen sich auf die Schienen aufsetzt. Er wird herausgefahren, um von dem Formkasten entleert und dann wieder an seine Stelle gebracht zu werden; die Modellplatte mit dem noch darauf stehenden und durch Keile befestigten Formkastenteile wird gewendet, auf die nunmehr oben befindliche Seite der Modellplatte wird ein frischer Formkasten gesetzt, und die Arbeit beginnt von neuem.

Ist das Gewicht der Formkasten nicht bedeutend, so lässt sich auch Luftdruck statt des Wasserdrucks zum Betriebe der Formmaschine dienen. Die Einrichtung der letzteren kann derjenigen der beschriebenen Wasserdruck-Formmaschine ähnlich sein. Die Pressung der Druckluft beträgt gewöhnlich etwa 6 kg auf 1 qcm.[1]).

Formmaschinen zur Ersparung von Modellkosten.

Diese Maschinen können nur in solchen Fällen Verwendung finden, wo die Gussform nach und nach mit einem und demselben Segmentstücke eines Modells, welches in bestimmter Weise weiter bewegt wird, geformt werden kann. Statt des vollen Modells stellt man nur ein Stück davon dar und kann hierdurch in der That, zumal bei grösseren Modellen, wesentlich an Modellkosten sparen.

Auch in der Handformerei, zumal beim Herdgusse, bedient man sich nicht selten eines gleichen Verfahrens um die Benutzung eines vollen Modells entbehrlich zu machen. Auf Seite 232 ist ein derartiger Fall beschrieben worden, wo man einen Ring mit Hilfe eines Segmentstücks einformt. Benutzt man aber eine Maschine zur Bewegung des Modellstücks, so wird diese Bewegung dadurch sicherer, und man erlangt die Möglichkeit, ohne Benutzung eines ganzen Modells auch Gegenstände zu formen, bei deren Abmessung es auf grosse Genauigkeit ankommt.

Am häufigsten kommen solche Formmaschinen bei Anfertigung von Zahnrädern in Anwendung. Die Herstellung eines genauen Zahnradmodells ist kostspielig, und auch das genaueste Modell ist dem Werfen und Verziehen unterworfen. Bei dem Einformen durch Handarbeit, dem Herausziehen des Modells mit der Hand und dem alsdann gewöhnlich

---

[1]) Abbildung einer Luftdruck-Formmaschine der Badischen Maschinenfabrik: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1899, Seite 441.

erforderlichen Ausbessern der Gussform verliert diese ferner an Genauigkeit. Soll ein derartiges Rad genauen Eingriff haben, so ist eine kostspielige Bearbeitung der Zähne mit Hilfe von Fräsmaschinen erforderlich.

Benutzt man statt des vollen Modells ein Zahnkranzsegment mit nur zwei Zähnen, welches mit Hilfe einer Maschine aus der Form in Führungen herausgezogen, der jedesmaligen Zahnteilung entsprechend im Kreise weiter bewegt und an der Stelle, wo der folgende Zahn geformt werden soll, wieder eingesetzt wird, so erspart man nicht nur die Kosten für das Modell des Zahnkranzes, sondern man erhält auch schärfere Abgüsse als durch die Handformerei, welche einer Nacharbeitung nicht bedürfen. Beide Vorteile wiegen schwer genug, um es erklärlich zu machen, dass die Zahnradformmaschinen allmählich in fast allen Giessereien Eingang gefunden haben, wo häufig Zahnräder von mittlerem und grossem Durchmesser geformt werden, obwohl die Formerlöhne bei ihrer Benutzung anderthalb bis doppelt so hoch als bei Benutzung eines Modells zu sein pflegen.

Schon im Jahre 1839 erhielt J. G. Hofmann ein Patent in Preussen für eine zum Formen von Zahnrädern mit Hilfe eines Segmentstücks dienende Vorrichtung [1]), und der Genannte ist demnach der Erfinder der Zahnradformmaschinen. Eine allgemeinere Anwendung fanden jedoch die Zahnradformmaschinen, wie die Formmaschinen überhaupt, erst seit Beginn der siebenziger Jahre, nachdem inzwischen ihre Einrichtung vervollkommnet worden war.

Die Benutzung aller dieser Maschinen erstreckt sich nur auf das Einformen der Zähne in die vorher mit Hilfe einer Schablone ausgedrehte Gussform, deren Umriss dem äusseren Umrisse des Abgusses entspricht. Das Verfahren bei diesem Ausdrehen ist das nämliche wie bei der unten beschriebenen Sandformerei mit Schablonen; auch das Einformen des Oberkastens geschieht in derselben Weise. Das Verfahren im ganzen besteht demnach aus einer Vereinigung der Schablonenformerei mit der Maschinenformerei.

Obgleich die in der Jetztzeit benutzten Zahnradformmaschinen zahlreiche Abweichungen in ihrer äusseren Anordnung aufweisen, lassen sie sich jedoch ihrer Wirkungsweise gemäss in zwei Hauptgruppen sondern.

Bei der einen Gruppe, vorzugsweise zum Formen sehr grosser Räder in verdecktem Herdgusse (Seite 246) bestimmt, befindet sich in der Mitte der zu fertigenden Gussform eine senkrecht stehende Spindel mit einem wagerechten, im Kreise drehbaren Arme, dessen Drehung mit Hilfe einer Teilscheibe entsprechend der Zahnteilung des Rades bewirkt wird. An dem Arme ist das Zahnsegmentmodell in einem dem Teilungshalbmesser entsprechenden Abstande von der Drehungsachse befestigt; eine besondere Vorrichtung ermöglicht das Emporheben des Modells aus der Gussform nach beendigtem Einformen eines Zahnes und das Senken, sobald der Arm nunmehr um eine Zahnteilung gedreht ist [2]). Die in Fig. 126 abgebildete Maschine aus der Maschinen-

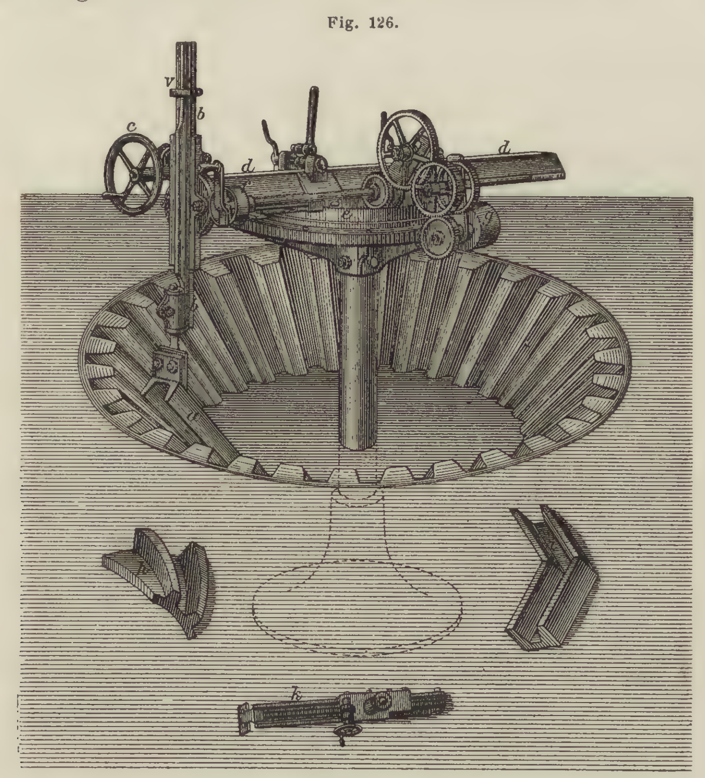
---

[1]) Dinglers Polytechn. Journal, Band 246, S. 167, Fussanmerkung.

[2]) Die allgemeine Einrichtung dieser Maschine ist die gleiche, welche schon von Hofmann eingeführt wurde; eine vervollkommnete derartige

fabrik von H. Michaelis in Chemnitz kann als ein Beispiel dieser Einrichtung dienen.

Fig. 126.



In entsprechender Tiefe unter der Erdoberfläche ist der gusseiserne, in der Abbildung durch Punkte gezeichnete Fuss auf einem gemauerten Unterbau derartig befestigt, dass die den oberen Teil des Fusses bildende ausgebohrte Hülse genau senkrecht steht. In die Hülse passt eine abgedrehte, zum Herausziehen eingerichtete Spindel, welche demnach, wenn sie in die Hülse eingesteckt ist, ebenfalls genau senkrecht steht.

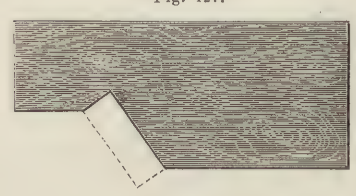
Beim Beginne der Arbeit wird der Formsand rings um den Fuss herum aufgegraben, befeuchtet, gesiebt und überhaupt in der gleichen Weise wie bei sonstigen Formverfahren in Sand vorgerichtet. Man setzt die Spindel ein (auf welcher jedoch der zum Zähneformen dienende Kopf, die eigentliche Maschine, noch nicht befestigt ist), schiebt einen drehbaren Arm über die Spindel, dessen Höhe durch einen Stellring genau eingestellt werden kann und befestigt an diesem vorerst eine Holzschablone, Fig. 127, welche zunächst die innere Begrenzung

---

Maschine liess sich im Jahre 1865 G. M. Scott in Grossbritannien patentieren Scott ist oft, jedoch mit Unrecht, der Erfinder der Zahnradformmaschinen genannt worden.

der Gussform, gewissermassen eine zum späteren Einformen des Oberkastens dienende Matrize, auszudrehen bestimmt ist [1]). Diese innere Begrenzung verläuft in der abgebildeten Gussform zunächst in wagerechter Ebene am Boden, steigt an der Innenfläche der Zähne schräg (als Kegelfläche) empor und bildet oben, wo später der Oberkasten sich aufsetzt, wieder eine wagerechte Ebene. Man vollführt diese Arbeit, indem man die Schablone im Kreise bewegt und ringsherum den Sand möglichst fest stampft. Dann wird der Arm mit der Schablone entfernt, die ausgedrehten Flächen werden mit Seidenpapier belegt oder mit Kohle gestäubt, um ein Anhaften des oberen Gussformteils zu verhüten, ein Modell für die Radarme und die Nabe wird eingesetzt [2]), dann wird der Oberkasten an seine Stelle gebracht und eingeformt. Man hebt ihn ab, setzt ihn zur Seite, zerstört die Sandmatrize, welche ihren Zweck erfüllt hat, heftet an die schräge, zur Ausbildung der Kegelfläche dienende Kante der benutzten Schablone ein Einsatzstück, dessen Umriss dem Längenprofile eines Zahns entspricht (in der Abbildung der Schablone durch Punkte angedeutet) und dreht nun mit Hilfe dieser so geänderten Schablone die eigentliche Gussform aus, in welche später nur die Zähne noch einzuformen sind. Der Sand wird hierbei weniger fest als zuvor gestampft, um ausreichend durchlässig zu bleiben. Nunmehr tritt erst die Formmaschine in Wirksamkeit. Der Arm nebst Schablone und Stellring wird entfernt und die Maschine auf dem oberen Ende der Spindel befestigt.

Fig. 127.



a ist das Holzmodell, welches in leicht erkennbarer Art und Weise an einem in Führungen gleitenden Schieber (Stössel) b befestigt ist. Die Auf- und Abwärtsbewegung des Schiebers samt Modell geschieht von dem Handrade c aus durch Vermittelung eines (in der Abbildung nicht erkennbaren) Getriebes nebst Zahnstange; v ist ein verstellbarer Anschlag zur Begrenzung des Hubes beim Niederlassen. Beim Formen gewöhnlicher Räder, wie in der Abbildung, wird die Bewegung in senkrechter Richtung bewirkt; sie lässt sich jedoch auch in schräger Richtung ausführen (beim Formen von schräg stehenden Zähnen), und man bringt zu diesem Zwecke die Führung des Schiebers in eine ent-

[1]) Das Verfahren hierbei und die Vorrichtungen dazu sind die gleichen wie bei der unten beschriebenen Schablonensandformerei. Da an dieser Stelle nur die Aufgabe vorliegt, die Einrichtung der Zahnradformmaschinen und ihre Benutzung zum Einformen der Zähne zu beschreiben, sollen die mit der Schablone zu bewirkenden Vorarbeiten hierfür nur insoweit Erwähnung finden, als zum Verständnis der Benutzungsweise der Maschine notwendig ist.

[2]) Beim Einformen von Stirnrädern pflegt man die obere Gussformhälfte nicht, wie in diesem Falle, in die untere eintreten zu lassen, da beim Zusammensetzen leicht Beschädigungen der Zähne eintreten würden, sondern gibt ihr eine ebene untere Begrenzung und bildet in der unteren Gussformhälfte die Zwischenräume zwischen den Armen durch eingelegte, im Kernkasten geformte Kernstücke aus, welche den Raum für die Arme und Nabe frei lassen.

sprechende Stellung, indem man die an ihrer Vorderseite sichtbaren beiden Klemmschrauben löst, wodurch eine Drehung der Führungen möglich wird.

Die ganze beschriebene, zum Auf- und Niederbewegen des Modells dienende Vorrichtung befindet sich nun an dem vorderen Ende eines wagerechten, in zwei Führungen verschiebbaren Arms d, mit dessen Hilfe die Einstellung des Modells in entsprechendem Abstande von der Spindelachse nach Massgabe des vorgeschriebenen Teilkreishalbmessers bewirkt wird. Der oberhalb des Arms sichtbare Hebel dient zum Feststellen, sobald die Einstellung bewirkt ist.

Eine dritte Vorrichtung hat den Zweck, die Bewegung des Modells im Kreise jedesmal um das Mass einer Zahnteilung zu bewirken. Der erwähnte Arm d nebst allem Zubehör ist, wie die Abbildung zeigt, auf dem Tische e in einer Kreisführung drehbar; die Drehung erfolgt von der Teilscheibe f aus durch Vermittelung einer Anzahl von Wechselrädern und einer (durch die Blechhülle g dem Anblicke entzogenen) Schnecke, welche in den die äussere Begrenzung des Tisches e bildenden Zahnkranz eingreift. Durch Einschaltung bestimmter, der Maschine beigegebener Wechselräder lässt sich die Bewegung solcherart regeln, dass jede viertel, halbe oder ganze Umdrehung des Arms an der Teilscheibe einer vorgeschriebenen Zahnteilung entspricht; dass also z. B. bei dem Einformen eines Rades mit 25 Zähnen die Drehung des Teilscheibenarmes eine Drehung des Modells um $^1/_{25}$ des Kreises bewirkt.

Die Benutzung der Maschine ist nun ziemlich einfach. Nachdem die Gussform in der schon beschriebenen Weise mit der Schablone ausgedreht und die Maschine auf der Spindel befestigt worden ist, wird das Modell in dem richtigen Abstande von der Drehungsachse eingestellt und in seine tiefste Stellung gebracht, wobei es sich genau an die Kegelfläche der Form anlegen muss. Dann füllt man die Lücke zwischen den beiden Zähnen mit Formsand, stampft ihn fest, streicht oben glatt, sticht Luft und zieht das Modell durch Drehung des Handrades c aus der Form. Mit Hilfe der Teilscheibe f wird alsdann das Modell um eine Zahnteilung weiter bewegt, wiederum gesenkt, u. s. f., bis sämtliche Zähne eingeformt sind. Schliesslich wird die Maschine abgehoben, die Spindel aus ihrem Fusse herausgezogen, die Oeffnung des letzteren durch einen aufgelegten Deckel geschlossen, Sand wird darüber gebracht und geschlichtet, der Nabenkern eingesetzt und der Oberkasten an Ort und Stelle gebracht.

Soll die Maschine zum Formen gekrümmter oder gebrochener Zähne (deren Modelle durch h und i veranschaulicht sind) oder der Zähne von Schneckenrädern benutzt werden, so würde ein Herausziehen des Modells nach oben nicht möglich sein. Es muss in wagerechter Richtung herausgezogen werden. Zu diesem Zwecke wird alsdann das Maschinenteil k eingesetzt. Es besteht aus einer beweglichen Zahnstange, deren Verschiebung (in wagerechter Richtung) durch Handrad und Getriebe bewirkt wird, und einem Führungsstücke für die Zahnstange, welches auf dem Arme d befestigt wird. Am vorderen Ende der Zahnstange wird die Führung des Stössels b festgeschraubt.

Ist dieser in der richtigen Höhe eingestellt, so erfolgt nunmehr seine Bewegung nur noch in wagerechter Richtung.

Die Formmaschinen dieser Gattung, so vortrefflich sie auch an und für sich ihren Zweck erfüllen, besitzen doch den Nachteil, dass die nur in dem Fusse befestigte Spindel leicht geringen Schwankungen ausgesetzt ist, welche bei der Bewegung des Armes auf das Modell übertragen werden. Der Uebelstand wird vermieden, wenn man den Arm festlegt und statt seiner die Gussform im Kreise dreht. Diese Anordnung bildet die Haupteigentümlichkeit der schon erwähnten zweiten Gruppe von Zahnradformmaschinen. Ihre Benutzung ist nur möglich, wenn man davon absieht, die untere Gussformhälfte im Herde herzustellen. Man muss sich eines Formkastens bedienen, welcher auf einem drehbaren Tische befestigt wird. Aus diesem Grunde sind die Formmaschinen dieser Gruppe mehr für Anfertigung mittelgrosser und kleiner als sehr grosser Räder geeignet[1]).

Fig. 128.



Eine kleine derartige Formmaschine (für Räder bis 500 mm Durchmesser bestimmt), ebenfalls aus der Fabrik von H. Michaelis

[1]) Die erste Formmaschine dieser Art wurde von Jackson entworfen. Vergleiche Wiecks Gewerbezeitung 1856, S. 346; Dinglers Polytechnisches Journal, Band 246, S. 168.

in Chemnitz stammend, ist in Fig. 128 abgebildet. a ist der senkrecht bewegliche Schieber zum Auf- und Niederbewegen des Modells, dessen Bewegung in der gleichen Weise wie bei der oben beschriebenen Maschine ausgeführt wird. Um eine Einstellung des Zahnmodells in richtigem Abstande von der Drehungsachse des Formkastens gemäss dem Teilkreishalbmesser zu ermöglichen, trägt jener Schieber an seinem unteren Ende eine wagerechte Führung für einen zweiten Schieber b, welcher ebenfalls durch Handrad mit Getriebe und Zahnstange bewegt wird und mit dem Modellhalter c in einem Stücke gegossen ist. Durch eine Klemmschraube wird dieser Schieber in seiner Stellung festgehalten, sobald die richtige Einstellung bewirkt ist. d ist ein in ringförmiger Führung sich drehender Tisch, auf welchen der ringförmige Formkasten in irgend einer einfachen Weise befestigt wird, so dass der Mittelpunkt des Formkastens mit dem des Tisches zusammenfällt. Die Drehung des Tisches erfolgt durch Vermittelung einer an seiner vorderen Seite sichtbaren Schnecke, welche mit einem unterhalb der Tischplatte befindlichen Zahnkranze im Eingriffe steht; die Drehung der Schnecke wird durch den an der rechten Seite der Maschine sichtbaren, auf der Teilscheibe e ruhenden Arm ausgeführt. f und g sind Wechselräder, zu demselben Zwecke wie bei der früher besprochenen Maschine eingeschaltet.

Die Benutzungsweise dieser Maschine ist im wesentlichen der früher besprochenen Arbeit sehr ähnlich. Mit einer Schablone, welche an dem Arme b befestigt werden kann, wird in dem Unterkasten, während dieser gedreht wird, die Matrize für den Oberkasten ausgedreht; nachdem der Oberkasten eingeformt worden ist, dreht man die Umrisse der Gussform im Unterkasten mit der entsprechend geänderten Schablone aus und formt schliesslich die Zähne einen nach dem andern ein.

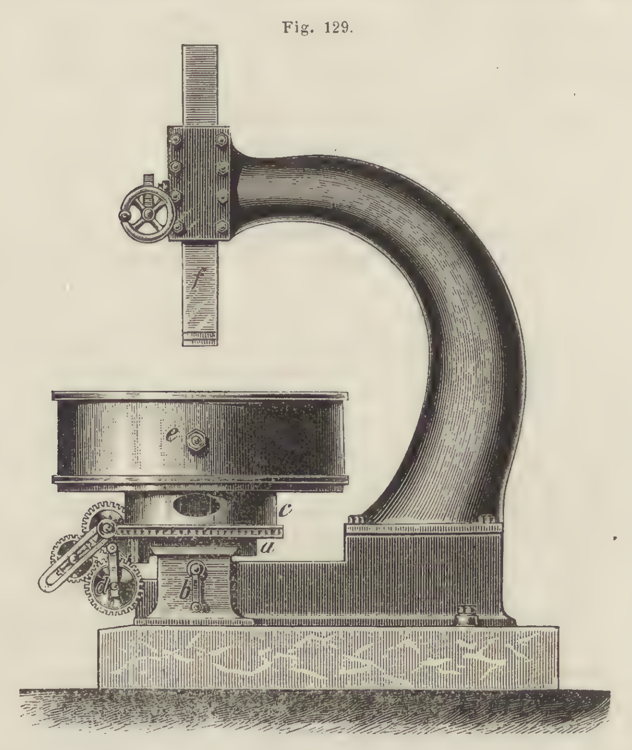
Statt den Schlitten b am unteren Ende des senkrechten Schiebers a anzubringen, kann man umgekehrt auch — und bei grösseren Maschinen dieser Gattung ist dieses die Regel — den wagerecht verschiebbaren, für die Einstellung des Modells nach dem Teilkreishalbmesser bestimmten Schlitten auf oder an dem Arme des Ständers gleiten lassen und den senkrechten Schieber an dem vorderen Ende dieses Schlittens befestigen.

Je länger indessen bei Maschinen dieser Gattung jener Arm ausfällt, an dessen vorderem Ende die Führung für den senkrechten Schieber sich befindet, je grösser demnach der Halbmesser der Räder ist, für welche die Maschine noch benutzbar sein soll, desto leichter ist auch bei diesen Maschinen der Arm kleinen Schwankungen unterworfen und desto leichter werden kleine Ungenauigkeiten bei der Arbeit sich geltend machen.

Bei der in Fig. 129 abgebildeten Maschine von Briegleb, Hansen & Komp. in Gotha, für Räder bis zu 1,3 m Durchmesser bestimmt, ist dieser Uebelstand abgemindert. Der Arm, welcher die Führung für den senkrechten, zur Befestigung des Zahnmodells dienenden Schieber f trägt, hat die Form eines kräftigen Hohlgussständers; die Einstellung des Modells nach dem Teilkreishalbmesser wird nicht

durch Verschiebung des Modells an dem Arme, sondern durch Verschiebung des Tisches bewirkt, auf welchem der Formkasten sich befindet. Die Bewegung des Tisches erfolgt rechtwinkelig gegen die

Fig. 129.



Richtung des Arms. a ist ein Schlitten, in Prismenführungen gleitend und durch Drehung der Kurbel b bewegt. Auf dem Schlitten befindet sich das Drehstück c, mit diesem verschiebbar, oben die Tischplatte tragend, auf welcher der Formkasten befestigt wird, und um seine senkrechte Achse drehbar, damit ein Zahn nach dem andern eingeformt werden könne. Die Drehung wird in derselben Weise wie bei der früher beschriebenen Maschine bewirkt; von der auf einer Teilscheibe angebrachten Kurbel d aus wird sie durch Wechselräder auf eine wagerechte Welle mit Schnecke und von dieser auf einen Zahnkranz übertragen, welcher den unteren Teil des Drehstücks c bildet. Damit aber der Eingriff der Schnecke in den Zahnkranz trotz der Verschiebbarkeit das Drehstücks gewahrt bleibt, ist die Welle, auf welcher die Schnecke sitzt, genutet, so dass auch diese auf der Welle verschiebbar ist und mitgenommen wird, sobald das Drehstück eine Verschiebung erhält. e ist der Formkasten. Je weiter sein Mittelpunkt von dem Schieber f mit dem Zahnmodelle entfernt liegt, desto grösser fällt der Teilkreishalbmesser aus; je kleiner das zu formende Rad werden soll, in desto geringeren Abstand bringt man durch Drehung der Kurbel b den Mittelpunkt des Formkastens von dem Schieber f.

Litteratur über Formmaschinen.

H. Fischer: Ueber die Herstellung von Sandgussformen mittels Formmaschinen, Dinglers Polytechnisches Journal, Band 246, Seite 6, 49, 167; Band 302, Seite 180; Sandformmaschinen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1886, Seite 448; Jahrgang 1887, Seite 776 und 823; Jahrgang 1890, Seite 106 und 1326; Jahrgang 1891, Seite 1191. Hydraulische Formmaschinen: Stahl und Eisen 1895, Seite 994. Formmaschinen auf der Fach-Giesserei-Ausstellung in Goslar: Stahl und Eisen 1898, Seite 71 und 138. An Abhandlungen über einzelne Formmaschinen sind zu nennen: Metallarbeiter, 1883, Seite 115 (Demognots Formmaschine), 1885, Seite 117 (Schützes Formmaschine); Engineering, Band 43, Seite 203 (Formmaschine der Pneumatic-Comp. in Indianopolis mit Einrichtung zum Festdrücken des Sandes durch Luftdruck).

Ausserdem enthalten die deutschen Patentschriften in Klasse 31 Abbildungen und Beschreibungen zahlreicher Formmaschinen, von welchen allerdings nur ein Teil wirkliche Benutzung erlangt hat.

5. Die Schablonenformerei.

Aus naheliegenden Gründen ist die Anwendung einer Schablone, mit deren Hilfe die Gussform aus dem Formmateriale herausgearbeitet wird, weniger vielseitig als die Benutzung eines Modells. Das Verfahren erfordert grössere Umsicht der betreffenden Arbeiter als bei Herstellung der gleichen Gegenstände nach einem Modelle, und meistens auch höhere Löhne. Wo daher zahlreiche gleiche Gegenstände gefertigt werden sollen, ist, zumal wenn die Abmessungen dieser Gegenstände nicht sehr beträchtlich sind, die Modellformerei, unter Umständen mit Benutzung einer geeigneten Formmaschine, der Schablonenformerei fast immer vorzuziehen. Dagegen macht die Schablonenformerei die Anfertigung eines oft kostspieligen Modells entbehrlich; die Abgüsse fallen häufig genauer aus, als wenn sie mit Hilfe eines Modells gefertigt werden, welches dem Werfen unterworfen ist und bei dessen Herausnehmen aus der Gussform diese leicht kleine Aenderungen erleidet, sofern die Arbeit nicht mit Hilfe einer Maschine bewirkt wird.

Aus diesen Gründen kann die Schablonenformerei von grossem Nutzen und sogar unentbehrlich sein, wenn nur wenige gleiche Abgüsse gefertigt werden sollen und die Gestalt der Gussform überhaupt die Benutzung der Schablone für die Herstellung ermöglicht. Auch die meisten kleineren Giessereien können daher der Schablonenformerei nicht ganz entbehren, und in grösseren Werkstätten bildet sie ein hochwichtiges Arbeitsverfahren neben der Modell- und Maschinenformerei.

Als Material für die Schablonenformerei lassen sich sämtliche schon besprochene Körper — Sand, Masse, Lehm — verwenden. In der Lehmformerei ist die Schablone schon seit Jahrhunderten in Benutzung, und umgekehrt findet der Lehm als Formmaterial auch fast nur in der Schablonenformerei Verwendung. Die Schablonensandformerei dagegen ist erst seit etwa Mitte der siebenziger Jahre ausgebildet worden und hat sich seitdem in zahlreichen Eisengiesereien als ein sehr nützliches

Verfahren erwiesen. Eigentliche Masse wird auch in der Schablonenformerei weniger häufig als Sand verwendet.

Für Herstellung offener Gussformen würde sich, wie bei der Modellformerei, der Herd benutzen lassen, doch ist das Verfahren nicht gerade üblich [1]). Für Herstellung geschlossener Sandgussformen pflegt man das früher als verdeckter Herdguss bezeichnete Verfahren einzuschlagen, d. h. die untere Gussformhälfte im Herde oder aufgegrabenem Erdboden herzustellen und durch ein die obere Gussformhälfte enthaltendes Formkastenteil abzudecken. Massegussformen werden meistens im Formkasten hergestellt; für Lehmgussformen bedient man sich der freien Formerei.

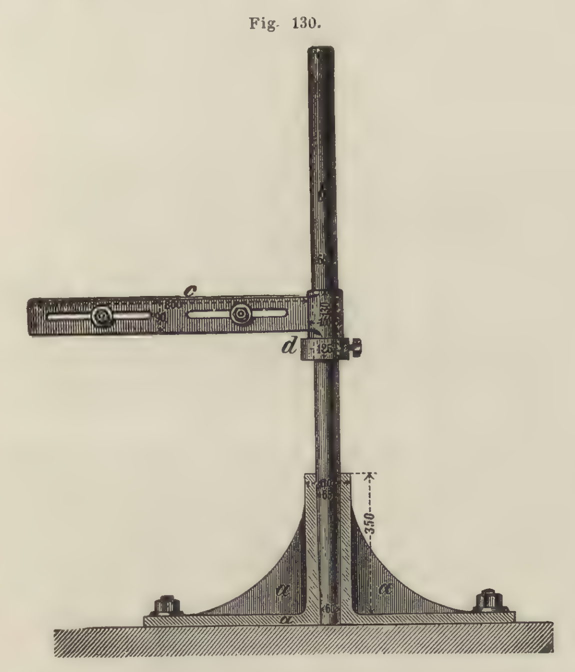
Beispiele der Schablonenformerei in verdecktem Herdguss (Schablonensandformerei).

Als notwendiges Gerät ist ausser der Schablone, welche für jede Art von Gusstücken besonders gefertigt werden muss, und deren Einrichtung aus den einzelnen Beispielen sich ergeben wird, eine feststehende Spindel mit einem um die Spindel drehbaren Arme (dem Schablonenhalter oder der Schere) erforderlich, an welchem die Schablone befestigt wird, um im Kreise bewegt werden zu können. Die Spindel muss senkrecht und unbeweglich stehen; vor dem Gusse muss sie von ihrem Standorte entfernt werden können, für die Herstellung einer neuen Gussform sich aber mit Leichtigkeit wieder aufstellen lassen. Man pflegt sie zu diesem Zwecke in einen gusseisernen Schuh zu stecken, welcher unterhalb der Erdoberfläche auf einem Steinsockel gut befestigt und mit ausreichend langer, zur Aufnahme der Spindel dienenden Hülse versehen ist. Die Abbildung Fig. 130 zeigt eine solche Einrichtung. a ist der gusseiserne Schuh, mit vier Schrauben auf einem Mauersockel befestigt. b ist die Spindel, gewöhnlich 50 bis 70 mm stark und 1,5 m lang. Der ausserhalb des Schuhs befindliche Teil ist cylindrisch gedreht, der im Schuh steckende Fuss dagegen schwach konisch, um das Einstecken und Herausnehmen zu erleichtern. Die Hülse des Schuhs ist den Abmessungen der Spindel entsprechend ausgebohrt. Eine durchgehende Oeffnung am oberen Ende der Spindel, durch welche ein Stab gesteckt werden kann, dient zur Erleichterung des Herausziehens der Spindel aus dem Schuh. c ist der Schablonenhalter, welcher mit einer ausgebohrten Hülse über die Spindel geschoben ist und sich leicht im Kreise drehen lässt, ohne Schwankungen zu erleiden. Die Befestigung der Schablone an dem Arme wird mit Hilfe der beiden in der Abbildung sichtbaren, in wagerechten Schlitzen des Arms verstellbaren Schrauben bewirkt. d endlich ist ein Stellring mit Schraube, in beliebiger Höhe der Spindel einstellbar, auf welchem der Arm c ruht. Er dient dazu, die Höhenlage des letzteren in jedem einzelnen Falle genau festzustellen.

[1]) Das auf Seite 232 beschriebene Verfahren der Herstellung eines Ringes auf dem Herde mit Hilfe eines Segmentsstücks statt eines vollen Modells lässt sich als ein Uebergang von der Modellformerei zur Schablonenformerei betrachten.

Der Schuh kommt so tief im Erdboden zu stehen, dass die Oberkante der Hülse sich etwa 300 mm unterhalb der Erdoberfläche befindet.

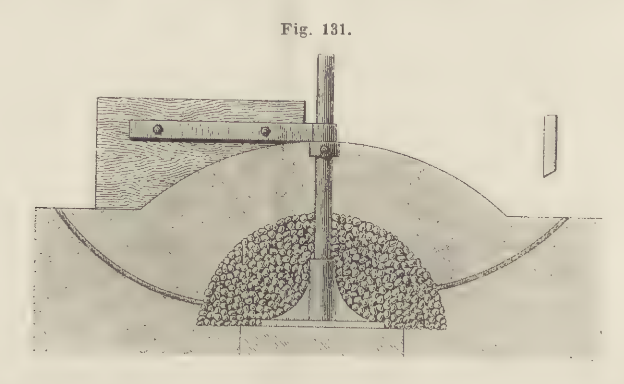
Fig. 130.



Um ein schalenartiges Gusssück (z. B. einen Deckel zu einem Dampfkocher für Fabriken) zu formen, verfährt man in der Weise, wie es in Fig. 131 bis 134 dargestellt ist. Zunächst wird der Erdboden rings um den Schuh herum aufgegraben, und in die Oeffnung wird eine Schüttung von Koks, Holzkohlen oder anderen lockeren Körpern gebracht, aus welcher man Strohseile durch den Erdboden bis zutage führt, so dass sie ausserhalb des Randes des zu fertigenden Abgusses münden. Diese Vorsicht ist notwendig, da der Abguss ein Entweichen der Dämpfe und Gase beim Giessen nach oben hin nicht ermöglicht. Auf jene Schüttung kommt nun Sand, zu unterst grobkörniger, durchlässiger Sand, darüber ein guter bildsamer Formsand. Der Sand wird, zumal in den oberen Lagen, sehr fest gestampft, so dass er nur noch schwierig Eindrücke annimmt. Die Spindel ist schon vorher in den Schuh gesteckt und auf ihre lotrechte Stellung geprüft; man schiebt nun den Stellring nebst Schablonenhalter über und befestigt an letzterem die Schablone, deren Rand der oberen Begrenzung des zu fertigenden Gussstücks gemäss ausgeschnitten ist (Fig. 131). Das zur Erleichterung der Arbeit der Rand der Schablone stets etwas zugeschärft sei, wie aus dem neben Fig. 131 gezeichneten Querschnitte durch die Schablone ersichtlich ist, wurde schon früher erwähnt. Mit Hilfe eines Stichmasses oder auch eines gewöhnlichen Massstockes wird der richtige Abstand der Schablone von der Spindel

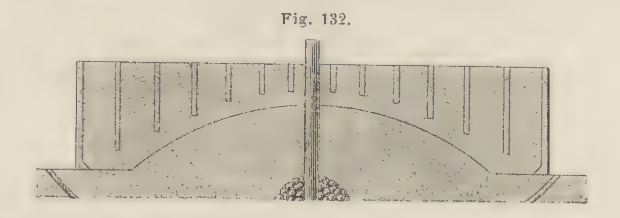
gesichert, und ausserdem wird Sorge getragen, dass der obere Rand und der geradlinige Teil des unteren Randes eine genau wagerechte Lage besitzen. Mit dem Aufstampfen des Sandes fährt man nun fort, während die Schablone allmählich im Kreise gedreht wird, so dass hierbei die in Fig. 131 dargestellte Form entsteht. Diese Form dient

Fig. 131.



als Modell zum Aufstampfen des Oberkastens, und eben deshalb ist es notwendig, dass der Sand überall fest gestampft sei. Zeigen sich hier oder da bei der Prüfung mit der Hand noch lockere Stellen, so füllt

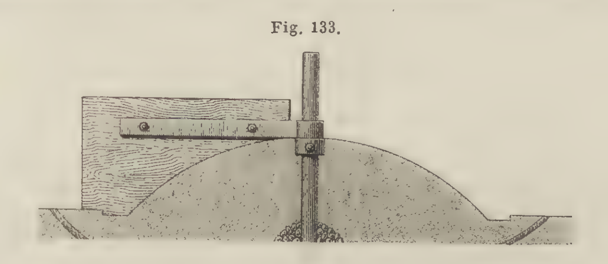
Fig. 132.



man sie mit Sand aus und dreht sie aufs neue ab. Der Schablonenhalter nebst der Schablone wird abgenommen, die Oberfläche des Modells wird mit Seidenpapier belegt, welches das Festhaften der oberen Gussformhälfte am Modelle verhüten soll, dann wird der Oberkasten aufgesetzt, und, nachdem seine Stellung durch in den Erdboden eingeschlagene Pflöcke bezeichnet wurde, auch die erforderlichen Zwischenwände eingesetzt wurden, erfolgt das Einstampfen des Oberkastens ebenso wie bei der Modellformerei. Auf Anbringung der Eingüsse wird ebenfalls gebührend Rücksicht genommen. Die Abbildung Fig. 132 zeigt das Sandmodell mit dem fertig eingeformten Oberkasten. Alsdann wird der Oberkasten abgehoben und zum Verputzen und Ausstäuben beiseite gestellt. An dem unteren Rande der Schablone befestigt man nun durch Anstiften ein Einsatzstück, dessen Breite gleich der Dicke des herzustellenden Abgusses ist, so dass der Rand der in dieser Weise vergrösserten Schablone nunmehr der inneren Begrenzung des Abgusses entspricht. Fig. 133 zeigt die solcherart vorgerichtete Schablone. Das Sandmodell für den Oberkasten, welches seine Aufgabe erfüllt hat, wird durch Aufgraben zerstört, frisch gesiebter Sand wird aufgeschüttet,

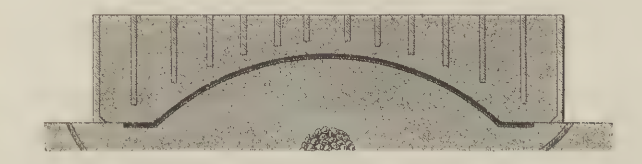
weniger fest als bei Herstellung des Modells gestampft und mit der Schablone abgedreht (Fig. 133). Wenn in dieser Weise das Unterteil der Form gefertigt ist, wird die Schablone nebst ihrem Arme entfernt,

Fig. 133.



die Spindel behutsam aus dem Schuh herausgezogen, die Oeffnung des letzteren durch einen Pfropfen oder kleinen Deckel geschlossen, Sand darüber geschüttet, festgestampft und aus freier Hand geschlichtet. Auch im Oberkasten wird die beim Einstampfen gebliebene Oeffnung an der Stelle, wo die Spindel hindurchging, durch Einfüllen von Sand geschlossen. Nachdem beide Gussformhälften verputzt, mit Holzkohle gestäubt und geglättet sind, kann der Oberkasten aufgesetzt und die Gussform zum Abgiessen fertig gemacht werden. Fig. 134 zeigt die zusammengestellte Gussform.

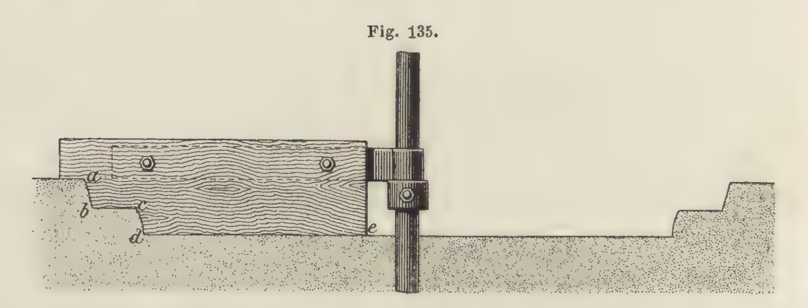
Fig. 134.



Ein Schwungrad mit eingegossenen Armen und Nabe lässt sich in der durch die Abbildungen Fig. 135 bis 139 erläuterten Art und Weise formen. Der Herd wird ähnlich wie bei dem vorher beschriebenen Verfahren vorgerichtet, nur ist die Auflockerung durch eingebettete Koksschüttung und die Luftabführung durch Strohseile hier entbehrlich, da die Gase zwischen den einzelnen Armen des Rades genügenden Raum zum Entweichen finden. Man hat demnach beim Einformen nur durch Luftstechen im Oberkasten Sorge zu tragen, dass ihnen die Gelegenheit zum Entweichen gegeben wird. An dem Schablonenhalter wird alsdann die in Fig. 135 gezeichnete Schablone befestigt. Die Kante d e der Schablone arbeitet die Trennungsebene zwischen der oberen und unteren Gussformhälfte aus; b c und c d bezeichnen die obere und innere Begrenzung des in den Oberkasten kommenden Teils des Schwungringes; durch die Kante a b wird eine ringförmige, etwas konische Fläche gebildet, welche die richtige Stellung des Oberteils beim Zusammenstellen der Gussform zu sichern bestimmt ist (vergl. Fig. 139). Der Former pflegt diese Fuge das „Schloss“ zu nennen, weil hier die Gussformteile zusammenschliessen müssen. Man

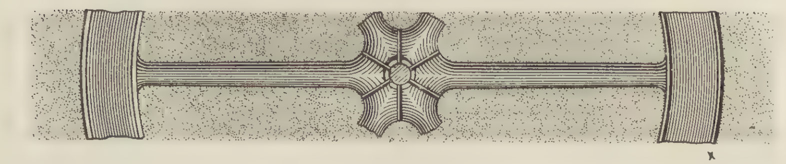
stellt nun das Sandmodell (Fig. 135) durch festes Einstampfen des Sandes und Abdrehen in gleicher Weise her wie bei dem vorigen Beispiele. Ehe jedoch das Einformen des Oberkastens vor sich gehen kann, müssen die Modelle für die Arme und Nabe an ihren Platz ge-

Fig. 135.



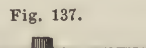
legt werden. Zur Beschaffung dieser Modelle kann man in verschiedener Weise verfahren. Man würde ein gemeinschaftliches Modell für sämtliche Arme mit der Nabe in Holz fertigen können, jedoch dadurch das Verfahren verteuern. Mitunter stellt man ein Holzmodell zu einem einzigen Arme nebst zugehörigen Nabenstücke her, bezeichnet im Sandmodelle die Stellen, wo die Arme zu liegen kommen, derartig, dass diese Stellen später auch im Oberkasten erkennbar sind, und formt nun zuletzt, wenn die Gussform übrigens fertig ist, die Arme mit der Nabe an den betreffenden Stellen der Reihe nach mit Hilfe jenes Modelles

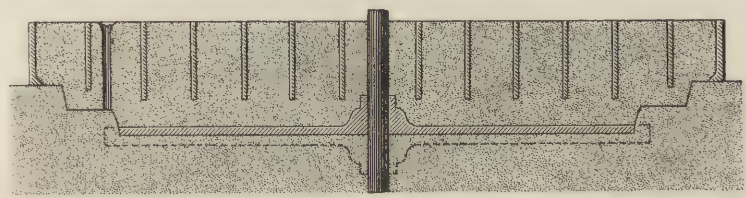
Fig. 136.



ein. Am bequemsten jedoch ist es, sich die Armmodelle (nebst Nabe) einzeln in Masse zu fertigen und sämtlich in das Sandmodell einzulegen, ehe das Gussformoberteil eingeformt wird. Man bedarf dazu einer hölzernen Form, genau wie ein Kernkasten eingerichtet, deren innere Begrenzungen den äusseren Begrenzungen eines Radarmes entsprechen. Sie wird mit Masse vollgestampft, nachdem man einen zur Verstärkung des Armmodells dienenden Eisenstab eingelegt hat, auseinander genommen, worauf das in seiner Form fertige Armmodell herausgenommen, geschwärzt und getrocknet wird. Sind sämtliche Armmodelle in dieser Weise vorgerichtet, so werden sie in die ausgedrehte Sandform eingelegt, wobei man mit Hilfe einfacher Messwerkzeuge dafür sorgt, dass der Abstand von Arm zu Arm überall gleich sei. Fig. 136 zeigt das Sandmodell mit zwei eingelegten Armen von oben gesehen. Von den Armmodellen wird hierbei die untere Hälfte in den Sand eingebettet, so dass nur ihre obere Hälfte, welche in den Oberkasten kommt, über die Ebene d e (Fig. 135) vorragt. Da die Spindel vorläufig im Erd-

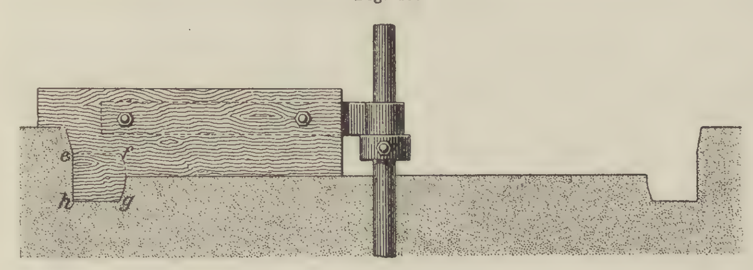
boden stecken bleibt, müssen die Arme mit entsprechender Oeffnung, in welcher die Spindel Platz findet, versehen sein; auch darf die Kernmarke, für den später einzusetzenden Nabenkern nicht fehlen. Fig. 137 zeigt im Querschnitte das Sandmodell mit eingelegten Armmodellen und


Fig. 137.



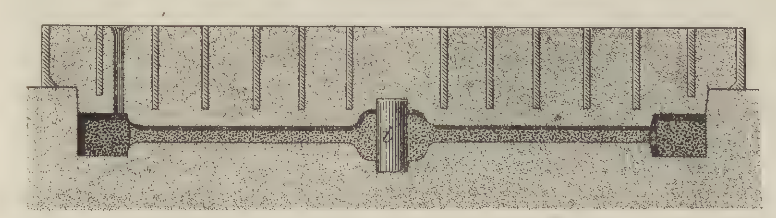
aufgesetztem Oberkasten. Das Einformen des letzteren geschieht wie gewöhnlich, nachdem die Schablone entfernt wurde. Nun wird in die Schablone das in Fig. 138 durch Punkte gezeichnete Stück e f g h eingesetzt, welches die Begrenzung des unteren Gussformteils auszubilden

Fig. 138.



bestimmt ist, das Sandmodell wird zerstört, wobei jedoch die Lage der Armmodelle anzuzeichnen ist, dann frischer Sand eingefüllt, gestampft und ausgedreht. Man formt die Arme durch Einklopfen der Modelle an den angezeichneten Stellen, entfernt die Modelle, verputzt, stäubt,

Fig. 139.

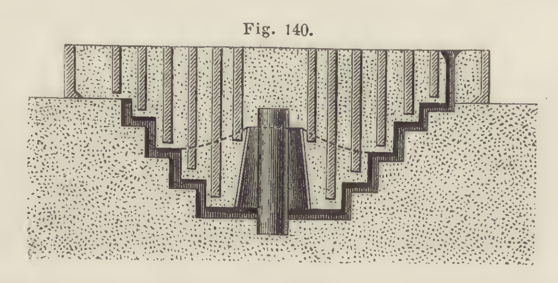


setzt den Nabenkern (Fig. 139) an seine Stelle und stellt den Oberkasten auf die untere Gussform. Fig. 139 zeigt die fertige Gussform.

Aehnlich ist das Verfahren beim Einformen einer Stufenscheibe, deren Gussform in Fig. 140 abgebildet ist. Man dreht zunächst wieder das Modell für den Oberkasten in festgestampftem Sande

aus, setzt in dieses Sandmodell das für die Ausbildung der Nabe nebst Armen (Rippen) bestimmte Holzmodell, welches über die Spindel geschoben wird und deshalb mit einer durchgehenden, dem Spindeldurch-

Fig. 140.



messer entsprechenden Oeffnung versehen sein muss, auch an dem oberen und unteren Ende die ebenfalls durchbohrten Kernmarken für den Nabenkern trägt. Das Modell wird hier nicht, wie bei dem oben beschriebenen Formen eines Schwungrades, aus einzelnen in Masse geformten Stücken zusammengefügt, sondern im ganzen aus Holz gefertigt, da bei den kleineren Abmessungen die Anfertigung einfacher ist als in jenem Falle. Alsdann wird der Oberkasten, der mit tief herunter reichenden Zwischenwänden, auch wohl eingehängten Sandhaken oder Gehängen versehen sein muss, aufgesetzt und eingestampft. Das Nabenmodell wird mit dem Oberkasten abgehoben, weshalb es willig auf der Spindel sich verschieben lassen muss, und dann herausgezogen. Die untere Gussformhälfte wird wieder, wie beschrieben, durch Ausdrehen hergestellt, nachdem in die zuerst benutzte Schablone die „Wandstärke" eingesetzt und der festgestampfte Formsand des Sandmodells durch locker gestampften Modellsand ersetzt worden war. Ist das Ausdrehen beendigt, so wird die Spindel samt den Schablonenhalter herausgezogen, die Oeffnung im Spindelfusse durch einen Deckel geschlossen, Sand aufgefüllt und die betreffende Stelle in der Gussform verputzt; dann kann der Nabenkern ein- und der Oberkasten aufgesetzt werden.

Etwas weniger einfach gestaltet sich die **Herstellung der Gussform zu einer Riemenscheibe**, da hier die Arme in der Mitte des breiten Kranzes angeordnet sind, und demnach die Hälfte des Kranzes im Oberkasten, die andere Hälfte im Unterkasten liegen muss. Auch bei dem Schwungrade, dessen Anfertigung oben beschrieben wurde, war das gleiche der Fall; bei dem Formen der Riemenscheibe aber macht die geringe Dicke des Kranzes im Verhältnisse zu seiner Höhe die Anwendung besonderer Kunstgriffe erforderlich. Das „Modell" zum Oberkasten wird, wie bei den vorstehenden Beispielen, durch Feststampfen von Sand und Ausdrehen mit Hilfe der in Fig. 141 gezeichneten Schablone hergestellt, wobei man etwaige lockere Stellen frisch ausfüllt und nachdreht. Zweckmässig ist es, um eine recht feste und glatte Fläche zu bekommen, die Schablone etwas kleiner zu nehmen als dem richtigen Durchmesser entsprechen würde, und alsdann mit Hilfe eines gekrümmten glatten Holzstücks die ausgedrehte Fläche so lange zu reiben, bis sie auf den richtigen Durch-

messer erweitert ist. Das Naben- und Armmodell ist durch einen rechtwinkelig durch die Achse gehenden Schnitt in zwei Hälften geteilt. Die untere Hälfte wird in das Sandmodell eingeklopft, die obere ragt daraus hervor. Das Verfahren beim Einformen des Oberkastens ist das nämliche wie in den früher beschriebenen Fällen. Die obere Hälfte des Arm- und Nabenmodells wird mit dem Oberkasten von der liegen-

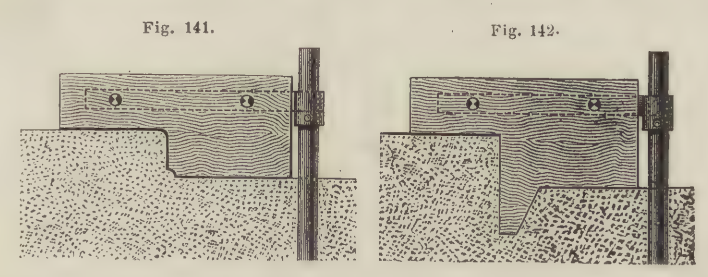


Fig. 141. Fig. 142.

bleibenden unteren Hälfte abgehoben und dann herausgezogen. Zum Ausdrehen der unteren Gussformhälfte benutzt man die in Fig. 142 abgebildete Schablone; wie die Abbildung erkennen lässt, ist diese etwas breiter ausgeschnitten, als der fertigen Gussform entsprechen würde, damit man im stande ist, zunächst die tiefe Ringfläche mit Sicherheit auszudrehen und nachzuarbeiten. Ist diese Arbeit ebenso wie bei den früher besprochenen Gussformen vollendet, so setzt man das in Fig. 143

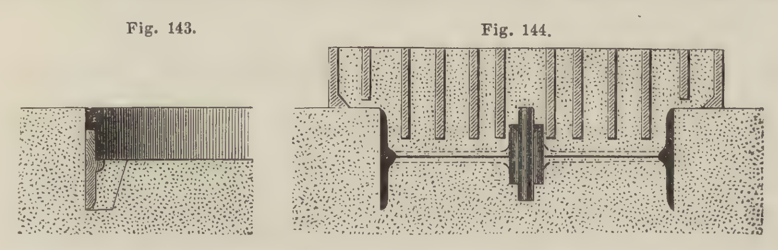


Fig. 143. Fig. 144.

abgebildete segmentförmige Dämmholz, dessen Querschnitt dem halben Querschnitte des Riemenscheibenkranzes entspricht, in die Gussform und dämmt nun hinter demselben den noch offenen Ring ringsherum zu. Die fertige Gussform ist in Fig. 144 abgebildet [1]).

Beispiel der Schablonenformerei im Kasten (Schablonenmasseformerei).

Das Verfahren ist, wie schon erwähnt wurde, seltener als die Schablonenformerei auf verdecktem Herde und beschränkt sich auf die Herstellung bestimmter Gegenstände von beträchtlicher Höhe, welche im Sande sich nicht giessen lassen würden. Insbesondere wird es in

[1]) Litteratur über diesen Zweig der Formerei: W. Gofferjé, Die Schablonen-Sandformerei, ausführlich beschrieben und durch Zeichnungen erläutert. Leipzig 1879. A. Novotny, Die Schablonenformerei in Lehm und Sand. Wien 1887. Ferner: Metallarbeiter 1883, S. 395; Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1887, S. 828.

manchen Giessereien zum Gusse grösserer Walzen für Metallwalzwerke benutzt, welche in senkrechter Stellung gegossen werden müssen, während das Einformen am bequemsten in wagerechter Lage sich bewirken lässt. Schon aus diesem Grunde ist die Benutzung eines Formkastens erforderlich. Man benutzt einen zweiteiligen Formkasten von sechseckigem Querschnitte (vergleiche oben Fig. 107) und solcher Länge, dass die Walze nebst verlorenem Kopfe bequem Platz darin findet. An den beiden Stirnseiten sowohl des Ober- als des Unterkastens sind offene Lager zur Unterstützung der Drehspindel angeschraubt, deren Stellung eine solche sein muss, dass, wenn beide Formkastenhälften zusammengesetzt sind, die Achse der Spindel die Mittellinie der herzustellenden Gussform bildet. Die beiden Zapfen der Spindel sind gedreht und passen so in die Lager, dass auch eine Längenverschiebung der Spindel nicht möglich ist. An der Spindel wird die Schablone, deren Kante dem Profile des herzustellenden Gussstücks entsprechend ausgeschnitten ist, in irgend einer einfachen Weise befestigt, wie es auch für die freie Formerei üblich ist. Beim Beginn der Arbeit wird jedes Formkastenteil wagerecht auf einen Lehrboden gestellt und mit Masse soweit vollgestampft, dass die Kante der Schablone bei ihrer Drehung ringsherum auf festgestampfte Masse trifft. Das Ausdrehen selbst geschieht in ähnlicher Weise wie bei der Schablonensandformerei und bedarf keiner besonderen Beschreibung. Sind beide Gussformhälften in dieser Weise glatt ausgedreht, mit dem Polierbleche verputzt u. s. w., so werden sie geschwärzt und getrocknet.

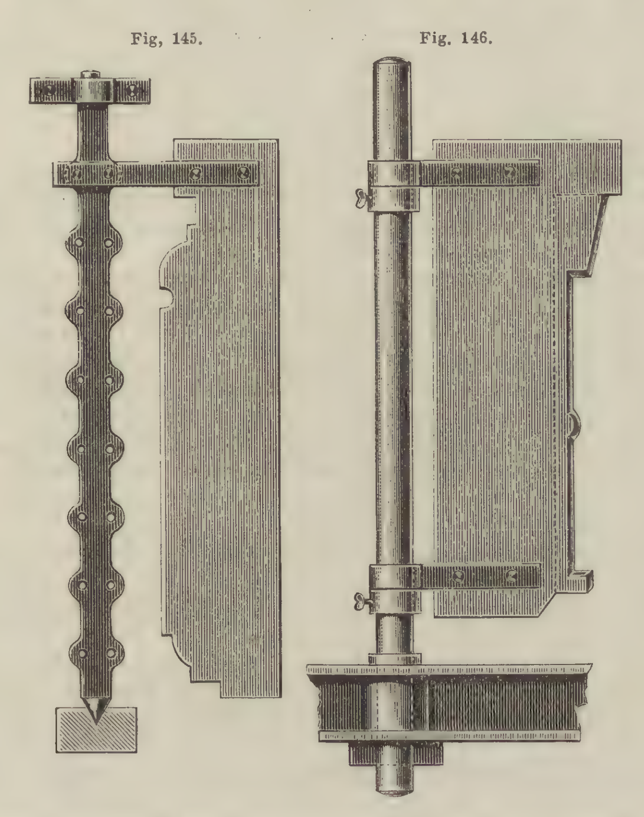
Beispiele der freien Formerei mit Schablonen (Schablonenlehmformerei).

Wie die Ueberschrift besagt, dient Lehm als Formmaterial. Unter allen Verfahren der Schablonenformerei ist dieses der vielseitigsten Anwendung fähig und deshalb auch am häufigsten. Während die Schablonensandformerei sich auf die Herstellung niedriger Gegenstände beschränken muss, ist die Höhe der in Lehm mit Hilfe der Schablone zu fertigenden Gussformen unbeschränkt, und nicht selten werden Gegenstände von 4 m Höhe oder darüber — z. B. Cylinder — auf diese Weise geformt, die in anderer Weise sich kaum herstellen lassen würden. In anderen Fällen verhindert die eigentümliche Gliederung der Abgüsse die Benutzung der Schablonensandformerei; endlich ist es auch nicht selten, dass man lediglich in Rücksicht auf die vorhandenen Vorrichtungen zur Lehmformerei dieses Verfahren der Sandformerei vorzieht. Die unten folgenden Beispiele werden im stande sein, einen ungefähren Begriff von der vielseitigen Anwendungsfähigkeit der Schablonenlehmformerei zu geben.

Die Geräte der freien Formerei mit Schablonen sind ziemlich einfach. Bei Herstellung von Rotationskörpern, dem bei weitem häufigsten Falle, dient, wie bei der Sandformerei, eine Spindel aus Schmiede- oder Gusseisen als Achse für die Drehung der Schablone; aber die Aufstellung der Spindel pflegt in anderer Weise als dort bewirkt zu werden. Nicht selten ist die Spindel selbst (statt des Arms) zum Drehen eingerichtet und der letztere wird in entsprechender Höhe an der

Spindel festgeschraubt. Die Abbildung Fig. 145 zeigt eine solche Spindel nebst Arm und Schablone. Häufig formt man, um die Ueberführung grosser Gussformen in die Trockenkammer entbehrlich zu machen, in der Trockenkammer selbst. In diesem Falle mauert man wohl in den Boden der Kammer an verschiedenen Stellen gusseiserne Spurlager ein, in welche das untere abgedrehte Ende der Spindel hineingestellt wird; an der Decke der Kammer muss dann lotrecht über dem unteren Lager das zweite Lager angebracht werden, in welchem das obere Ende der Spindel sich dreht. Das obere Lager aber muss

Fig, 145. Fig. 146.



sich leicht abnehmen lassen, damit die Spindel nach geschehener Benutzung entfernt werden kann, und damit auch bei hohen und ringsum geschlossenen Gussformen dieses Herausnehmen der in der Mitte stehenden Spindel möglich werde, muss in der Decke der Kammer dicht neben dem Spindellager eine aussreichend weite Oeffnung ausgespart sein, durch welche die Spindel nach oben herausgezogen werden kann. Ist die Kammer durch gusseiserne Querträger zum Tragen der Gewölbebögen überspannt, so benutzt man zweckmässigerweise diese zum Anschrauben der Lager und bringt auch wohl neben der Lagerstelle zugleich die senkrechte Oeffnung in dem Träger an, durch welche die Spindel herausgezogen wird. Während des Trocknens werden diese

Oeffnungen durch einen aufgelegten Stein geschlossen. Einfach und doch für den Zweck ausreichend ist auch folgende Einrichtung. In die erwähnte Oeffnung der Decke, welche am geeignetsten durch einen eingemauerten Gusseisenrahmen gebildet wird, sofern sie nicht in einem der Gusseisenträger ausgespart ist, passt ein Gusseisendeckel mit Handhabe, um sich leicht nach oben herausheben zu lassen. Damit er nicht durch die Oeffnung hindurchfalle, ist diese nach unten trichterförmig verengt, und der Deckel besitzt demnach die Form eines flachen abgestumpften Kegels. An der unteren Seite des Deckels ist eine Spur eingedreht, in welche der obere Zapfen der Spindel hineinpasst. Wenn der Deckel eingelegt ist, befindet sich diese Spur lotrecht über der im Boden angebrachten, und die zwischen beiden eingesetzte Spindel kann sich zwischen ihnen frei drehen. Soll die Spindel herausgenommen werden, so braucht man nur den Deckel abzuheben und die Spindel nachzuziehen.

Mitunter, besonders bei niedrigeren Gussformen, kann es zweckmässig sein, die Anfertigung auf dem Trockenwagen ausserhalb der Trockenkammer vorzunehmen, damit das Hineinschaffen in die Kammer in leichter Weise vor sich gehe. Man befestigt dann, wie bei der Spindel Fig. 146, einen Schuh, d. h. eine cylindrisch ausgedrehte Hülse, auf dem Wagen, in welchen der Fuss der Spindel hineinpasst. Da bei dieser Einrichtung das obere Ende der Spindel keine Unterstützung hat, ist eine sorgfältige Befestigung erforderlich; der Schuh darf nicht zu niedrig sein, die Spindel wird, damit sie nicht hindurchfalle, oben mit einem Verstärkungsringe versehen und, wenn sie eingesteckt ist, unterhalb des Schuhs vermittelst eines Keils fest angezogen, welchen man durch einen Schlitz in dem vorstehenden Ende hindurchsteckt. Die Einrichtung ist in diesem Falle der oben beschriebenen Einrichtung für die Schablonensandformerei ähnlich.

In noch anderen Fällen wünscht man, um die Trockenkammer (welche bei der Benutzung zur Formerei oft tagelang kalt gelegt werden muss) besser ausnutzen zu können, auch grössere Gegenstände ausserhalb der Trockenkammer zu formen, um sie dann erst entweder mit Hilfe des Krans oder untergelegter Rollen in die Kammer zu befördern, oder auch, um sie sogleich an Ort und Stelle (in der Dammgrube) durch besonders dafür angelegte Feuerungen (Kokskörbe und dergleichen) zu trocknen. Für die Aufstellung der Spindel müssen dann besondere Vorrichtungen getroffen werden, die sich jedoch unschwer beschaffen lassen. Das Lager für den unteren Zapfen kann man gewöhnlich im Erdboden durch Eingraben oder Einmauern ausreichend sicher befestigen; für das obere Lager lässt sich durch Aufstellung eines einfachen Holzgerüstes leicht eine genügende Unterstützung herstellen. Die Oertlichkeit muss hierbei den Ausschlag geben. Arbeitet man z. B. in der Dammgrube, so kann man quer über deren Rand hinweg ein Holzstück legen, welches in irgend einer einfachen Weise in seiner Lage festgehalten wird und an dem man das Spindellager befestigt.

Die Befestigung der Schablone an der Spindel geschieht wie bei der Sandformerei mit Hilfe eines oder zweier eiserner Arme (Scheren oder Schablonenhalter), an denen man die Schablone mit zwei

durchgehenden Schrauben befestigt. Die obigen Abbildungen lassen zwei verschiedene Anordnungen für die Verbindung jener Scheren mit den Spindeln erkennen. Bei Fig. 145 ist, wie schon erwähnt wurde, die Schere an der gusseisernen Spindel angeschraubt und dreht sich mit dieser, bei Fig. 146 greifen die Scheren mit ausgedrehten Hülsen über die cylindrisch gedrehte Spindel, und durch Stellringe mit Klemmschrauben wird die richtige Höhenlage der Schablone festgelegt. Diese Einrichtung ist demnach die gleiche, wie bei der Schablonensandformerei.

Die meisten der in Lehm geformten Gegenstände sind Hohlkörper, und man kann für die Anfertigung dieser Gussformen zwei verschiedene Wege einschlagen. Bei dem einen Verfahren formt man zunächst den inneren Teil, den Kern, trocknet ihn und überzieht ihn mit Schwärze, Asche oder irgend einem anderen Körper, welcher das Anhaften der folgenden Schicht verhindert. Nun schneidet man aus der Schablone soviel heraus als die Wandstärke des Abgusses betragen soll und überkleidet den Kern unter Benutzung dieser Schablone mit einer Lehmschicht, welche jener Wandstärke entspricht und das Hemde oder die falsche Eisenstärke genannt wird. Es wird abermals getrocknet und geschwärzt, und dann wird über dem Hemde aus freier Hand eine dritte, ausreichend starke und durch eingelegte Eisenstäbe noch verstärkte Lehmschicht aufgetragen, welche der Mantel genannt wird. Wenn auch dieser getrocknet ist, wird er — wenn erforderlich, nach bewirkter Teilung in zwei Hälften — vom Hemde abgenommen, letzteres wird vom Kerne losgetrennt und entfernt, Mantel und Kern werden verputzt und wieder zusammengesetzt.

Bei dem zweiten Verfahren formt man mit Hilfe zweier Schablonen sowohl den Kern als den Mantel für sich und setzt sie dann zusammen. Man umgeht also hierbei die Herstellung des Hemdes, vollendet die Arbeit, da man Kern und Mantel gleichzeitig nebeneinander herstellen kann, in kürzerer Zeit und vermeidet eine bei dem anderen Verfahren häufig erforderliche Teilung der Gussform, welche nicht nur die Entstehung einer Gussnaht zur Folge hat, sondern auch leicht zu Ungenauigkeiten Veranlassung gibt. Anwendbar ist aber dieses Verfahren nur dann, wenn die Zusammensetzung der Form möglich ist, ohne dass eine Teilung des Mantels stattzufinden braucht.

1. Eine Säule von starkem Durchmesser zu formen. Die Abbildungen Fig. 147 bis 149 lassen den Gang der Arbeit erkennen, und zwar stellen Fig. 148 und 149 die fertige Gussform dar, während Fig. 147 den Kern nebst der noch daran befindlichen Schablone a zeigt.

Ein gusseiserner Ring b von entsprechendem Durchmesser wird konzentrisch zu dem Spindellager c in wagerechter Lage auf den Boden gelegt und gut unterstützt. Dann bringt man die Spindel an ihre Stelle, befestigt daran eine niedrige Schablone mit geradlinigem, wagerechtem unterem Rande, bringt eine Schicht Lehm von einigen Zentimetern Stärke auf den Ring und dreht durch Bewegung der Schablone im Kreise zunächst den Fuss d auf. Diese Arbeit hat nur den Zweck, eine ebene Unterlage für die eigentliche Form und eine Unterstützung für die

Schablone beim Anfertigen des Kerns zu schaffen. Der Fuss wird entweder in der Trockenkammer oder, wenn das Formen ausserhalb der Kammer geschieht, durch einige Kohlenpfannen getrocknet, dann wird die Schablone a an der Spindel befestigt, so dass ihre untere Kante

Fig. 147. Fig. 148.

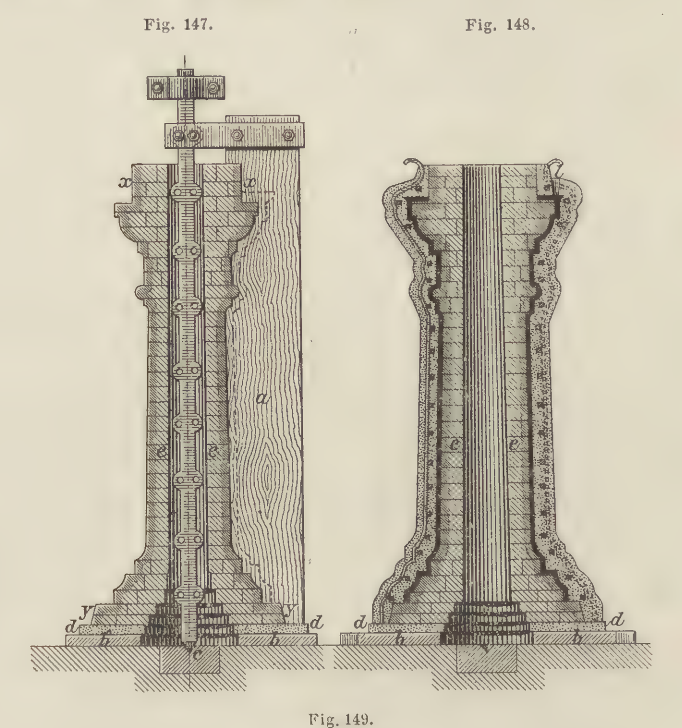
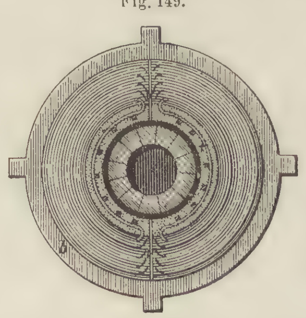


Fig. 149.



auf dem Fusse d gleitet und dadurch die Schablone vor Schwankungen bewahrt bleibt. Es verdient Beachtung, dass die Schablone sowohl nach unten als nach oben über die eigentliche Form hinaus verlängert ist; hierdurch erhält der Kern Ansätze x und y, welche, wie bei der Sandformerei, Schlösser genannt werden und gewissermassen die Stelle der Kernmarken vertreten, d. h. später den genauen Anschluss des Mantels ermöglichen. Ein Blick auf Fig. 148 wird diese Bedeutung der Schlösser erkennen lassen.

Nun beginnt das Aufbauen des Kerns. Man benutzt Lehm- oder Ziegelsteine, die in konzentrischen Lagen um die Spindel herum in Verband zusammengelegt und durch dazwischen gebrachten Lehm verbunden werden. Sollte die ursprüngliche Form der Ziegeln hier oder da nicht in den Verband passen, so lassen sich durch Behauen leicht passende Stücke herstellen. Die Schablone wird dabei im Kreise gedreht, damit man das richtige Profil erhalte; zwischen der Schablonenkante und dem Lehmziegelmauerwerk lässt man jedoch etwas Zwischenraum und überzieht dann das Mauerwerk mit einer Schicht mageren Lehms, welche nun mit Hilfe der Schablone geschlichtet und in die richtige Form gebracht wird. Ist der Kern in solcher Weise vollendet, so wird er getrocknet, nachdem die Schablone entfernt worden war. Dem getrockneten Kerne gibt man, nachdem er, wenn erforderlich, ausgebessert worden ist, einen Ueberzug von dünner Schwärze, oder Asche, welche in Wasser aufgerührt war; aus der Schablone aber schneidet man inzwischen die „Eisenstärke“ (in Fig. 147 durch Punkte angedeutet) heraus (bei öfter benutzten Schablonen pflegt sie nur durch Stifte in der Schablone befestigt zu werden), und bringt die Schablone dann wieder an ihre Stelle. Wenn der Ueberzug des Kerns trocken geworden ist, folgt das Auftragen des Hemdes aus gewöhnlichem Lehm, wiederum unter steter Drehung der Schablonen. Wie schon oben erwähnt wurde, nimmt dieses Hemde die Stelle des späteren Abgusses ein; Kern und Hemde zusammen bilden gewissermassen das Modell der Form. Auch das Hemde wird getrocknet und mit Schwärze oder Asche überzogen; die Schablone wird schon vor dem Trocknen entfernt.

Aus freier Hand trägt man nun die äussere Umhüllung der Form, den Mantel, auf. Er besteht aus zwei übereinander liegenden und zusammenhängenden Schichten; die innere Schicht, welche mit dem flüssigen Eisen in Berührung tritt, muss durchlässiger sein und wird aus magerem feinem Lehm (Kernlehm) in einer Stärke von 1 bis 2 cm hergestellt; die äussere Schicht soll dem Ganzen Festigkeit geben und besteht aus einer dickeren Schicht (5 bis 10 cm) Fettlehm. Auch diese äussere Schicht aber würde der Gussform noch nicht eine genügende Haltbarkeit verleihen, um sie zu befähigen, das Zerlegen, Zusammensetzen, Giessen ohne Gefahr für Zerbrechen zu ertragen; man ist deshalb gezwungen, ihr noch eine Rüstung, die aus eingelegten Eisenstäben gebildet wird, zu geben. Zu diesem Zwecke biegt man eine Anzahl Eisenstäbe, welche senkrecht zu stehen kommen, in eine solche Form, dass sie dem Umrisse der Gussform folgen und an dem oberen Ende hakenartig heraussteben (vergl. Fig. 148); diese Haken haben den Zweck, das Abnehmen und Fortbewegen des Mantels zu ermöglichen. Am leichtesten gelingt die Herstellung passender Stäbe, wenn man, nachdem der Lehm soweit auf das Hemde aufgetragen ist, dass nunmehr das Einlegen der Stäbe erfolgen kann, zunächst einen aus Bleiblech geschnittenen Stab biegt und dann als Modell für die übrigen Stäbe benutzt, welche aus Flacheisen in der Schmiede gebogen werden. Die fertigen Stäbe werden in Abständen von 25 bis 35 cm in den Lehm eingedrückt und durch mehrere Eisenringe, aus Flach- oder Rundeisen gebogen, zusammengehalten. Verbindet man nun durch Bindedraht an den Berührungsstellen die aufrecht stehenden Stäbe mit

den Ringen, so entsteht ein vollständiges Eisengerippe, eine Rüstung inmitten der Lehmschicht, welche der letzteren eine genügende Festigkeit verleiht. Muss aber, wie in dem vorliegenden Falle, der Mantel, um von dem Hemde abgehoben werden zu können, in zwei Hälften zerlegt werden, so muss selbstverständlich auch jene Rüstung aus zwei Hälften bestehen; statt der vollen Eisenringe wendet man in diesem Falle je zwei halbe Ringe an, deren Enden ebenfalls hakenartig nach aussen herausragen (vergl. Fig. 149), und später, wenn die Gussform zum Abgiessen fertig gemacht wird, durch Draht mit den benachbarten Enden der anderen Hälfte verbunden werden. Beim Einlegen der Ringe muss in letzterem Falle darauf Rücksicht genommen werden, dass die Teilungsstellen sämtlicher Ringe übereinander liegen, weil sonst die Teilung der Gussform nicht möglich sein würde.

Zur Herstellung des Mantels trägt man aus freier Hand auf dem Hemde die dünnere Schicht Kernlehm auf, trocknet oberflächlich, gibt einen Ueberzug von Fettlehm, drückt die Eisen hinein, verbindet sie, wie beschrieben wurde, durch Bindedraht, und bringt dann die letzte Schicht Fettlehm darauf. Da, wo die Gussform später geteilt werden soll, also bei den in Fig. 148 sichtbaren Fugen, kratzt man den Fettlehm heraus und füllt die Fuge mit ganz magerem Lehm aus. Die Gussform wird gut getrocknet, und der Mantel alsdann in zwei Hälften zerlegt. Zu diesem Ende treibt man Meissel oder schwache Holzkeile in die erwähntenFugen und sprengt mit ihrer Hilfe die Hälften auseinander, welche sich nun ohne Schwierigkeit vom Hemde abziehen lassen. Man stellt sie vorläufig beiseite und beginnt, das Hemde vom Kern abzulösen, welche Arbeit sich ohne Schwierigkeit ausführen lässt, sobald man mit dem Meissel einige Fugen eingestemmt hat. Es fällt dann in grossen Stücken vom Kerne ab. Kern und Mantel werden hierauf nachgesehen und ausgebessert, mit Wasser und Bimsstein ausgescheuert, gut geschwärzt, poliert und abermals getrocknet. Alsdann sind sie zur Zusammenstellung fertig.

Die Eingüsse, welche bei der in Rede stehenden Gussform am geeignetsten auf dem oberen Rande (bei 1 in Fig. 148) angebracht werden, kann man entweder schon bei Herstellung des Mantels aussparen, indem man Holzmodelle an den betreffenden Stellen mit einformt und später herauszieht; oder man arbeitet die Oeffnungen später mit dem Meissel aus dem getrockneten Mantel aus.

2. Kessel, Glocken oder ähnlich gestaltete Gegenstände zu formen. Die Anfertigung derartiger Körper ist insofern einfacher als die in vorstehendem beschriebene Anfertigung einer Säule, weil ihre nicht unterschnittene Form es gestattet, den Mantel im ganzen, d. h. ohne Teilung, von dem Hemde abzuheben. Wenn nicht besondere Gründe es verbieten, formt man den Kessel mit dem Boden nach oben. Das Verfahren dabei ist dem beschriebenen alsdann sehr ähnlich. Der Kern wird halbkugelartig rings um die Spindel herum aufgemauert, wobei man den oberen Teil durch eine eingemauerte Eisenplatte tragen lässt. Die Spindel muss selbstverständlich durch den Kern wie auch durch das Hemde hindurchgehen, und die hier bleibende Oeffnung wird später, nachdem die Spindel entfernt worden ist, aus freier Hand aus-

gefüllt. Der Mantel wird wiederum mit einem Gerippe aus Eisenstäben, teils aufrecht stehend, teils ringförmig herumlaufend, ausgerüstet.

Soll dagegen der Gegenstand mit dem Boden nach unten gegossen werden, was der grösseren Dichtigkeit halber zweckmässig sein kann, wenn er starken chemischen Einflüssen unterworfen ist (Kessel für Gold- und Silberscheideanstalten, Sulfatpfannen u. a. m.), so muss das Verfahren der Herstellung in der umgekehrten Reihenfolge stattfinden. Man mauert zuerst auf einer eisernen Grundplatte den Mantel, dreht in diesem die falsche Eisenstärke auf, und fertigt zuletzt den hängenden Kern, dessen eiserne Rüstung korbartig an einem in dem Schlosse des Mantels gelagerten Gusseisenringe befestigt ist und von diesem getragen wird.

Einfacher ist jedoch in dem letzteren Falle die Anwendung des zweiten Verfahrens der Schablonenlehmformerei: man fertigt mit Hilfe einer Schablone den Mantel aus Lehmziegeln auf einer gusseisernen Unterlagsplatte, mit Hilfe einer zweiten Schablone auf einem Gusseisenkranze mit kräftiger schmiedeiserner Rüstung den Kern und setzt beide zusammen. Das erforderliche Umwenden des Kerns bei der zuletzt erwähnten Methode macht eine sorgfältige Einrichtung der Rüstung (des Korbes) erforderlich, damit der Lehm nicht abfalle.

3. Verzierungen, Inschriften, Rippen u. s. w. auf den Abgüssen anzubringen. Alle solche Teile, welche sich durch die Schablone nicht herstellen lassen, werden in Holz, Metall, Wachs oder dergleichen geformt, an der betreffenden Stelle auf das Hemde vor Anfertigung des Mantels lose aufgeheftet und mit eingeformt. Wachsmodelle, die man beim Glockenguss nicht selten benutzt, schmelzen beim Trocknen weg und hinterlassen ohne weiteres die Form in dem geeigneten Zustande; Holz- oder Metallmodelle werden nach dem Abheben des Mantels einzeln aus der Form herausgezogen.

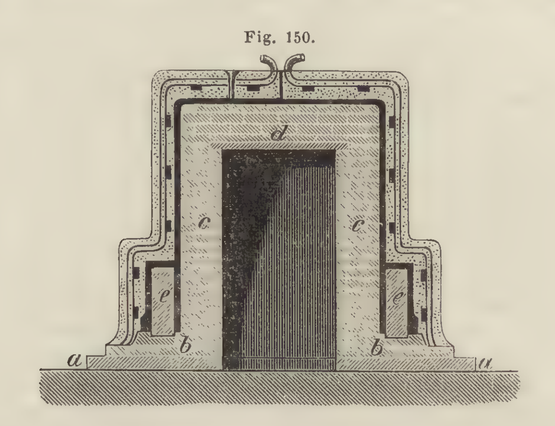
Sollen derartige vorspringende Teile nicht an der Aussenseite, sondern an der dem Kerne zugekehrten Seite des Abgusses angebracht werden, so drückt man die betreffenden Modelle an der richtigen Stelle in den noch weichen Kern ein, sobald dieser aufgedreht ist, oder unter Umständen schon während des Aufdrehens, verfährt dann wie gewöhnlich und entfernt später die Modelle, nachdem das Hemde abgeschlagen worden ist.

4. Einen viereckigen Kasten mit geraden Seitenwänden mit Hilfe der Schablone zu formen. Ein vierseitig prismatischer Körper muss durch „Ziehen" der Schablone gefertigt werden. Als ein Beispiel für diese Art der Formerei kann die Herstellung der Gussform für einen Reinigungskasten dienen, wie ihn Gasanstalten häufig gebrauchen. Er ist vierseitig, gewöhnlich 2 bis 3 m lang, 1 bis 2 m breit, 1,5 bis 2,5 m hoch, mit herumlaufender Wasserrinne am oberen Rande. Man giesst ihn, wie die Abbildung der fertigen Gussform Fig. 150 erkennen lässt, mit dem Boden nach oben, der Wasserrinne nach unten.

Auf einer rechtwinkeligen gusseisernen Grundplatte a wird zunächst ein Fuss oder Sockel b aus Lehmziegeln aufgeführt und mit einer Lehmschicht überzogen. Das Schlichten der Oberfläche geschieht

mit einem Richtscheite oder Lineale, welches in wagerechter Richtung (mit der Setzwage zu prüfen) darüber hingeführt wird. Ist der Fuss oberflächlich getrocknet, so stellt man unter Benutzung des Massstabes, des Lots und zweier, das Längs- und Querprofil angebender Schablonen den hohlen Kern c durch ein gleiches Verfahren her, welches der Maurer bei baulichen Arbeiten anwendet. Unten erhält der Kern, wie die Abbildung erkennen lässt, wieder ein „Schloss" für den späteren Anschluss des Mantels; querlaufende Eisenschienen d, welche in entsprechender Höhe eingemauert werden, dienen zum Tragen der Decke. Zwischen den Schienen muss ein genügender Raum für das Hindurchtreten der Gase nach innen bleiben; wollte man statt der Schienen eine einzige Deckplatte anwenden, so müsste sie mit zahlreichen durchgehenden Oeffnungen versehen sein. Ist der Kasten sehr lang, so steift

Fig. 150.



man die Wände des Kerns durch einzelne Querwände ab, welche das Eindrücken beim Gusse verhüten; zur Unterstützung dieser Querwände legt man einige Eisenschienen an den betreffenden Stellen quer auf die Grundplatte a. In der Decke des Kerns lässt man einige Oeffnungen, die nur durch lose eingesetzte Steine oder mageren Lehm geschlossen werden und zum späteren Anfüllen des fertigen Kerns (vor dem Gusse) mit Formsand, Koksstücken oder dergleichen dienen. Ohne diese Vorsichtsmassregel würde durch die Mischung der in dem hohlen Kerne anwesenden atmosphärischen Luft mit den zutretenden Gasen Knallgas entstehen, durch dessen plötzliche Entzündung beim Giessen eine Explosion und eine Zertrümmerung oder Beschädigung der Gussform herbeigeführt werden könnte. Nach dem Anfüllen werden dann jene Oeffnungen durch Lehm wieder geschlossen.

Der aufgemauerte Kern wird, wie gewöhnlich, mit feinem, magerem Lehm überzogen, mit der Schablone, welche hierbei auf und an dem Fusse der Gussform gleitet und geradlinig vorwärts bewegt (gezogen) wird, geschlichtet und getrocknet. Alsdann stellt man die im Kernkasten gefertigten und zuvor getrockneten Kerne e e, welche die oben erwähnte Wasserrinne zu bilden bestimmt sind, in die beim Ziehen des Lehmkerns dafür ausgesparten Oeffnungen, füllt den Zwischenraum zwischen diesen und dem Lehmkerne vorläufig mit Sand aus, schneidet

aus der Schablone die Eisenstärke aus und fertigt nunmehr das Hemde, indem man den Kern ringsum mit einer Lehmschicht überkleidet, sie durch Ziehen der Schablone auf die richtige Stärke bringt und schlichtet. Die weitere Arbeit ist dem unter 1. beschriebenen Verfahren ähnlich. Der Mantel pflegt auch hier aus zwei Hälften gefertigt zu werden, da er sich in einem Stücke von den senkrechten Wänden des Kerns nicht ohne Gefahr einer Beschädigung abziehen lassen würde. Die Teilungsfuge und die als Rüstung eingelegten Eisenstäbe sind in der Abbildung erkennbar. Nach dem Trocknen des Mantels wird die Gussform in derselben Weise vollendet, wie in den oben beschriebenen Fällen.

Mitunter sollen derartige Kasten an der Innenseite angegossene wagerechte Leisten für die Auflagerung von Horden erhalten. Man fertigt in diesem Falle hölzerne Modelle jener Leisten, drückt oder mauert sie an den vorgeschriebenen, mit Hilfe des Massstabes leicht zu ermittelnden Stellen in den Kern ein und zieht sie später, wenn der Mantel getrocknet und das Hemde abgeschlagen ist, wieder heraus. Soll etwa die Firma aufgegossen werden, so würde man das Modell des Firmaschildes (welches jedoch nicht allzu flach gehalten werden darf, wenn es deutlich werden soll) auf dem getrockneten Hemde befestigen und den Mantel darüber formen.

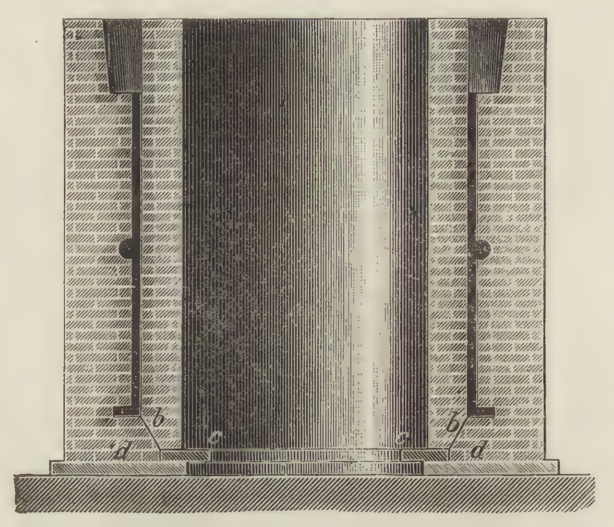
5. Einen Gebläsecylinder zu formen. Die Herstellung der Gussform kann zwar nach dem schon beschriebenen Verfahren: Anfertigung des Kerns, der falschen Eisenstärke, des Mantels aus Lehm mit eingelegter Eisenrüstung, erfolgen; zweckmässiger in diesem Falle, wo der Kern frei in die ungeteilte Mantelform hineinpasst, ist die Anwendung des zweiten Verfahrens der Schablonenlehmformerei, dessen Vorzüge schon oben erläutert wurden.

Man bedarf hierzu zweier Schablonen, von welchen die eine für die Anfertigung des Kerns bestimmt und demnach an der inneren (der Spindel zugekehrten) Seite, die zweite, für Herstellung des Mantels dienende dagegen an der Aussenseite gegliedert und zugeschärft ist. Die oben in Fig. 146 (Seite 289) gegebene Abbildung zeigt eine solche zum Ausdrehen des Mantels dienende Schablone.

In Fig. 151 ist die fertige Gussform abgebildet. Der Kern und der Mantel werden jeder für sich auf einem gusseisernen Ringe (c und d) aufgeführt; der Ring für den Mantel muss nach innen etwas vorstehen, um später als Unterstützung auch für den Kernring zu dienen; letzterer muss aussen mit dem Kerne abschneiden, innen aber vorstehen, damit man hier Angriffspunkte für Haken oder dergleichen erhält, mit deren Hilfe der Kern gehoben und fortbewegt werden kann. Die Kegelfläche b b bildet das „Schloss", welches die richtige Stellung des Kerns im Mantel sichert. Oben ist die Gussform mit einem ringförmigen verlorenen Kopfe versehen, welcher im Mantel bei Herstellung der Form mit ausgedreht wird. Das Arbeitsverfahren selbst ist nun verhältnismässig einfach. In der Mitte des Mantelrings d wird die Spindel aufgestellt, und dann wird der Ring an seiner oberen Seite zunächst wieder mit einer dünnen Lehmschicht, welche glatt gedreht wird, als Fuss der Gussform überzogen. Ist diese Schicht trocken geworden, so folgt das Aufmauern des Mantels aus Lehm oder gewöhnlichen Ziegeln

im Verband unter steter Benutzung der Schablone, Auskleiden der Mauerung mit einer Lehmschicht und Schlichten. Ist der Mantel bis oben hin fertig aufgeführt, so wird er getrocknet, nach dem Trocknen gewaschen, geschwärzt, poliert und nochmals getrocknet.

Fig. 151.



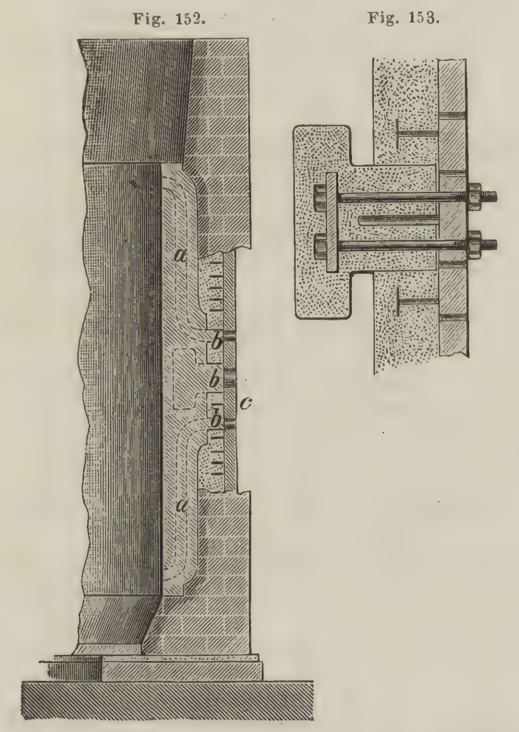
Inzwischen aber wird bereits an einer anderen Stelle der Formerei auch der Kern durch ein ähnliches Verfahren hergestellt. Die ringförmige Grundplatte c muss dabei mit ihrer glatten Seite (da sie im Herde gegossen war, besitzt sie eine glatte und eine weniger glatte Seite) auf einer wagerechten Unterlage aufruhen, die man wiederum am sichersten erhält, indem man einen etwas grösseren Ring, nachdem er konzentrisch zur Spindel auf den Boden gelegt und nötigenfalls durch untergeschobene Holzstücke befestigt worden war, mit einer Lehmschicht überzieht, diese mit einer Schablone, deren geradlinige Unterkante in der Wage steht, abdreht und trocknet. Nun wird der Ring c aufgelegt, und die aussen vortretende Unterlage dient dann zugleich als Stütze und Führung für die Schablone, welche nur oben befestigt werden kann und deshalb ohne diese Vorsichtsmassregel leicht aus ihrer richtigen Lage kommen könnte.

Der Kern wird ebenfalls getrocknet und geschwärzt und muss dann mit seinem Fusse in das Schloss des Mantels hineinpassen. Schmiedeiserne Kernsteifen, die man innerhalb des verlorenen Kopfs einsetzt, sichern ihm auch während des Giessens seine richtige Lage.

6. Einen Cylinder mit eingegossenen Dampfkanälen, Schieberkasten u. s. w. zu formen. Auch zur Lösung dieser Aufgabe lassen sich beide erwähnte Formverfahren benutzen. In jedem Falle muss für diejenigen Teile, welche aus der Cylinderform heraustreten, ein Holzmodell mit den erforderlichen Kernmarken u. s. w. gefertigt werden. Kleinere derartige Cylinder wird man am häufigsten

nach dem zuerst beschriebenen Verfahren (mit falscher Eisenstärke und Lehmmantel) formen; die Modellstücke werden auf das Hemd aufgeheftet und ummantelt. Bei grösseren Cylindern dagegen verdient das andere Verfahren den Vorzug. Die Anfertigung des Kerns hierbei geschieht in der gleichen Weise, wie unter 5. beschrieben wurde; beim Aufmauern des Mantels aber muss man mit Massstab und Zirkel diejenige Stelle ermitteln, wo das erwähnte Holzmodell seinen Platz erhält, und dieses dann einbauen. Die Abbildung Fig. 152 zeigt das betreffende Stück eines solchen Gussformmantels mit eingesetztem Holzmodelle a. Die Punkte bezeichnen die Form und Lage der später einzusetzenden Kerne, b b b sind die zugehörigen Kernmarken. Da diese von aussen her zugänglich sein müssen, auch die Kerne sich nur von aussen her einsetzen und befestigen lassen, spart man in dem Mantel an dieser Stelle eine ausreichend grosse Oeffnung aus, bringt auf das

Fig. 152. Fig. 153.



Modell eine Lehmschicht und hinter diese eine Gusseisenplatte c mit zahlreichen eisernen Stiften an der nach innen gerichteten Seite, welche den Lehm festhalten sollen. Solcherart entsteht dann ein wirkliches Kernstück, welches sich, sobald der Lehm trocken geworden ist, herausnehmen, wieder einsetzen und nach der Vollendung der Form durch einige in das Lehmmauerwerk geschlagene Haken oder in ähnlicher Weise ohne Schwierigkeit befestigen lässt[1]).

[1]) In einzelnen Gegenden nennt man ein solches als Bestandteil der Lehmgussformen dienendes Kernstück, welches von einer Eisenplatte getragen wird, „Plätz“ oder „Platz“.

Die Eisenplatte muss mehrfach durchbrochen sein, damit die Gase beim Giessen heraustreten können; in dem vorliegenden Falle wird sie auch zur Befestigung der Kerne, insbesondere des starken Mittelkerns, durch Schraubenbolzen benutzt, deren Köpfe in dem Kerne eingelassen sind. Fig. 153 zeigt diese Art der Befestigung im vergrösserten Massstabe.

Auch bei Anwendung des Ummantelungsverfahrens für die Anfertigung der Gussform ist die Anordnung eines solchen Kernstücks, welches an dem Mantel befestigt wird, fast immer erforderlich.

7. Vereinigte freie und Kastenformerei. Mitunter kommt der Fall vor, dass für kleinere Gegenstände, kurze Rohrstücke und dergleichen, welche sich mit Hilfe der Schablone fertigen lassen, ein Modell nicht vorhanden ist, während ein passender Formkasten, sofern ein Modell beschafft würde, zur Verwendung stehen würde. Das Verfahren der Herstellung lässt sich alsdann oft abkürzen, indem man zunächst mit der Schablone einen Kern fertigt, diesen trocknet, mit der falschen Eisenstärke ebenfalls unter Benutzung der Schablone überzieht und abermals trocknet. Der Kern mit der Eisenstärke (dem Hemde) zusammen hat nun die nämliche Form, welche auch ein Holzmodell besitzen würde und lässt sich wie dieses in Sand einformen, wodurch die immerhin zeitraubende Arbeit des Mantelns und die Ausgabe für die Anfertigung der eisernen Rüstung des Mantels vermieden wird.

Da der für diesen Zweck bestimmte Kern mehrmals gewendet, in wagerechte Lage gebracht werden muss u. s. w., auch der Durchmesser der nach diesem Verfahren gefertigten Gegenstände gewöhnlich nicht beträchtlich ist, lässt sich der Kern durch Mauerung, wie in den oben beschriebenen Fällen, nicht anfertigen. Man fertigt ihn vielmehr in derselben Weise, wie andere, zum Fortbewegen, Wenden u. s. w. geeignete Kerne nach einem der Verfahren, welche sogleich ausführlichere Beschreibung finden werden [1]).

6. Die Anfertigung und das Einlegen der Kerne.

In Vorstehendem wurde mehrfach der „Kerne" als besonderer Teile der Gussform gedacht, dazu bestimmt, Hohlungen oder durchgehende Oeffnungen in den Gussstücken herzustellen. Mitunter werden die Kerne in unmittelbarem Zusammenhange mit der Gussform hergestellt (Kern eines Topfes, eines Ofenkastens, einer Lehmgussform); meistens aber lässt man sie von besonderen Arbeitern (den Kernmachern) selbständig fertigen und dem Former überweisen, welcher sie in die Kernmarken (Seite 209) der übrigens vollendeten Gussform einlegt. Von der Herstellung solcher Kerne im engeren Sinne soll hier die Rede sein.

---

[1]) Sonstige Beispiele der Schablonenformerei und zwar eines von den gegebenen Beschreibungen etwas abweichenden Verfahrens findet der Leser in der schon genannten Schrift: A. Novotny, Die Schablonenformerei in Lehm und Sand. Nach neuen Gesichtspunkten und auf Grund mehrjähriger Erfahrungen dargestellt. Mit 46 Abbildungen. Wien 1887.

Wie es für die Anfertigung von Gussformen zwei Hauptgattungen des Verfahrens, Modellformerei und Schablonenformerei, gibt, kann man in der Kernmacherei Kernkastenformerei und Schablonenformerei unterscheiden.

Kernkastenformerei.

Ein Kernkasten ist, wie schon früher erwähnt wurde, ein aus Holz oder Eisen gefertigter Behälter, dessen innere Begrenzungen und Abmessungen mit den äusseren Begrenzungen des herzustellenden Kerns übereinstimmen, mit Einrichtungen versehen, welche das Herausnehmen des fertigen Kerns ermöglichen, und zu diesem Zwecke häufig in zwei oder mehrere Teile zerlegbar (vergl. die Abbildung eines Kernkastens auf Seite 213 Fig. 80).

Als Stoff für die Herstellung der Kerne im Kernkasten dient am häufigsten die Masse; kommt es auf grössere Durchlässigkeit der Kerne an, so verwendet man einen fetten, zum Trocknen geeigneten Sand; werden gleichzeitig Durchlässigkeit und Festigkeit verlangt (z. B. bei den Kanalkernen für Dampfcylinder), so pflegt man sich ein Gemisch aus Sand, Masse und Pferdedünger, also einen mageren, feinen Lehm für diesen Zweck zu fertigen.

Das Arbeitsverfahren bei der Herstellung dieser Kerne ist ziemlich einfach und besteht in dem Einfüllen des Formmaterials in den auf eine entsprechende Unterlage gestellten Kernkasten, Einstampfen mit Hilfe eines geeigneten (gewöhnlich aus hartem Holz gefertigten) Stampfers, Abstreichen an den Enden, Herausnehmen, Trocknen und Schwärzen. Je thonreicher das benutzte Formmaterial war, desto schärfer muss auch hier getrocknet werden, je magerer, desto weniger hoch darf die Temperatur beim Trocknen sein.

Längere Kerne oder überhaupt solche, welche dem Zerbrechen leicht unterworfen sind, bedürfen jedoch, um dagegen geschützt zu sein, einer besonderen Rüstung. Kernen von einfacher Gestalt (cylindrischen und ähnlichen Kernen) verleiht man eine grössere Festigkeit, indem man ein oder auch mehrere Stücke Rund- oder Flacheisen, deren jedes die Länge des Kerns besitzt, mit einstampft. Aus dem erkalteten Abgusse werden diese Kerneisen nach Zertrümmerung des Kerns herausgeholt und können aufs neue benutzt werden. Ist die Achse des Kerns nicht geradlinig, sondern gekrümmt, so müssen selbstverständlich auch die einzulegenden Kerneisen dem Profile des Kerns entsprechend in der Schmiede gebogen werden.

Breiten und flachen, und aus diesem Grunde besonders zerbrechlichen Kernen gibt man ein aus mehreren verbundenen Eisenstäben gebildetes Gerippe, ähnlich, wie es auch für Lehmgussformen gebräuchlich ist. So z. B. fertigt man für jene schon erwähnten S förmig gekrümmten Kerne zu den Kanälen der Dampfcylinder ein Gerippe, indem man drei oder mehr Flacheisenstäbe der Krümmung des Kern entsprechend biegt, einige Querstäbe darüber legt, so dass die ersteren parallel nebeneinander, aber in mehreren Centimetern Abstand von einander zu liegen kommen, und nun durch Bindedraht die Querstäbe mit

den S-Stäben zusammenheftet. Dieses Gerippe wird in den Kernkasten eingelegt und mit dem Kernmateriale umstampft.

Besondere Beachtung erheischen bei der Anfertigung der Kerne alle jene Massregeln, welche das Entweichen der eingeschlossenen, beim Giessen sich stark ausdehnenden Luft oder der sich entwickelnden Gase möglich machen sollen. Denn dieses Entweichen ist nur da möglich, wo der Kern in den Kernmarken der Gussform ruht, also an einer oder zwei Stellen; an allen übrigen Punkten ist der Kern ringsum von dem flüssigen Metalle eingeschlossen. Jedes Austreten von Luft oder Gasen in die Gussform selbst würde ein Kochen des flüssigen Metalls und ein Misslingen des Gusses zur Folge haben. Man muss also Sorge tragen, aus dem Innern des Kerns Abzugskanäle für die Luft von ausreichender Zahl und ausreichender Grösse anzubringen, welche sämtlich nach den Kernmarken hinführen. Ganz kleine Kerne aus nicht sehr thonreichem Materiale sind häufig an und für sich schon ausreichend durchlässig, um das Entweichen der Gase zu ermöglichen; bei Anwendung dichteren Materials (eigentlicher Masse) muss man fleissig den Luftspiess gebrauchen, um von den Endflächen aus Kanäle nach der Mitte des Kerns hin einzustechen. Bei einer unregelmässigen Form oder einer gekrümmten Achse des Kerns aber ist der Gebrauch des Luftspiesses, welcher nur gerade verlaufende Oeffnungen hervorbringt, nicht immer möglich. Man hilft sich dann, indem man beim Einformen Taue einlegt, die später behutsam herausgezogen werden; oder Strohseile, welche darin bleiben. Ist bei Herstellung dünnerer Kerne, bei denen es auf besonders grosse Durchlässigkeit ankommt (z. B. jener S-Kerne für Dampfcylinder), auch dieses Mittel nicht anwendbar, so lässt sich der Zweck erreichen, indem man dünne Wachslichte, welche sich durch den Kern hindurchziehen, mit einformt. Beim Trocknen schmelzen diese und hinterlassen ebenso viele ausreichend weite Luftkanäle.

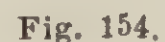
Grosse und volle Kerne pflegt man, nachdem sie aus dem Kernkasten herausgenommen sind, durch Herauskratzen von Material von derjenigen Seite aus, wo sie in den Kernmarken aufruhen, auszuhöhlen, um die Hohlung später mit durchlässigem Sande oder dergleichen auszufüllen. Man erleichtert dadurch das Austrocknen des Kerns und das spätere Entweichen der Gase.

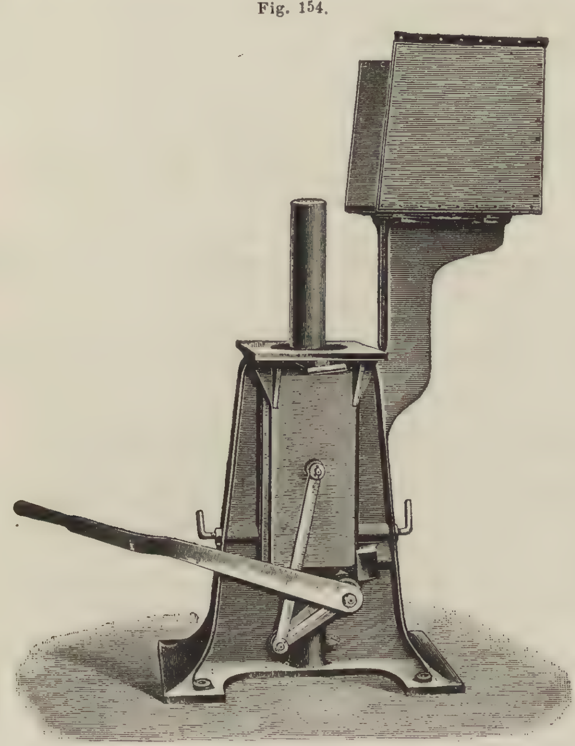
Bei manchen Gussformen kommt der Fall vor, dass ein Kern nicht in eigentlichen Kernmarken seine Auflagerung finden kann, sondern zwischen zwei anderen Kernen befestigt werden muss. Die Aufgabe, die Luft abzuleiten, wird dadurch noch schwieriger; von dem inneren Kerne muss die Luft in die äusseren und von hier nach den Kernmarken der letzteren geleitet werden.

Damit nun aber die Luft, wenn sie aus den Enden der Kerne in den Kernmarken austritt, nicht etwa durch die Gussform selbst noch vor dem Entweichen gehindert werde, muss auch bei Herstellung der Gussform auf die Anbringung von Kanälen, die aus den Kernmarken nach aussen führen, Bedacht genommen werden. Die Beschaffenheit der Gussform muss darüber entscheiden, wie dieser Zweck am leichtesten zu erreichen ist. Nicht selten ist man gezwungen, Formkasten an den Stellen, in deren Nähe die Kernmarken endigen, mit beson-

deren Durchbohrungen zu versehen, aus welchen die Kernluft austreten kann.

Wie für Anfertigung der Gussformen hat man auch für Massendarstellung gleicher oder ähnlicher Kerne im Kernkasten **Formmaschinen** eingeführt, welche meistens den Zweck verfolgen, das Auslösen des durch Handarbeit gestampften Kerns zu bewirken. Sie kommen vornehmlich zur Anfertigung cylindrischer oder prismatischer Kerne zur Verwendung. Fig. 154 zeigt eine solche Kernformmaschine der Badischen Maschinenfabrik in Durlach. Der Kernkasten ist in einem


Fig. 154.



Stücke aus Gusseisen gefertigt und innen glatt bearbeitet. Er wird mit senkrechter Achse so in der Maschine befestigt, dass er mit Hilfe des in der Abbildung sichtbaren Hebels zwischen Führungen auf- und niederbewegt werden kann. Unten ist er durch einen Stempel geschlossen, welcher während der Benutzung der Maschine feststeht, vorher aber gemäss der Länge des zu fertigenden Kerns höher oder niedriger eingestellt werden kann. Wenn die Arbeit beginnen soll, wird der Kernkasten in seine höchste Stellung gebracht und mit Masse gefüllt, welche in gewöhnlicher Weise mit der Hand eingestampft wird. Nun senkt man den Kernkasten durch einen Druck auf den Hebel, und der Kern bleibt, wie die Abbildung zeigt, frei auf dem Bodenstempel stehen, um dann entfernt zu werden. Der Nutzen der Anwendung der

Formmaschine hierbei beruht teils auf der grösseren Genauigkeit der Umrisse des Kerns, teils auch auf einer Ersparung an Arbeit, da das Zusammensetzen und Auseinandernehmen des Kernkastens und insbesondere auch das bei Benutzung geteilter Kernkasten (Fig. 80 auf Seite 213) unentbehrliche Verputzen des herausgenommenen Kerns wegfällt.

Schablonenkernformerei.

Die hierzu erforderliche Schablone wird, wie bei der Schablonenformerei überhaupt, aus Holz geschnitten und ihre Kante etwas abgeschrägt. Als Stoff für die mit der Schablone anzufertigenden Kerne dient Lehm.

Die Herstellung der Kerne geschieht, wenn sie Drehungskörper sind, durch Drehen, im anderen Falle durch Ziehen, d. h. durch Fortbewegung der Schablone nach einer Leitlinie. Beim Drehen wird nicht, wie fast immer bei der Herstellung von Gussformen, die Schablone gedreht, sondern der Kern, dem man während des Drehens wagerechte Lage gibt, und die Schablone liegt fest.

Damit der Kern beim Drehen, Fortbewegen, Einlegen in die Gussform u. s. w. die nötige Steifigkeit und Festigkeit besitze, muss er ein eisernes Gerippe erhalten.

Bei den durch Drehen gefertigten Kernen besteht dieses Gerippe aus der sogenannten Kernspindel. Die Abbildungen Fig. 155 bis 161 zeigen verschiedene Formen solcher Kernspindeln.

Sie bestehen aus Guss- oder schmiedbarem Eisen, müssen so lang sein, dass sie an beiden Enden aus dem Kerne herausragen, und endigen hier in Zapfen, mit denen sie während des Drehens in einfachen Lagern ruhen. Das Drehen wird gewöhnlich mit Hilfe einer Kurbel bewirkt, welche über den einen Zapfen gesteckt wird.

Wichtig ist es, der Kernspindel eine solche Form zu geben, dass sie beim Giessen ein Entweichen der Luft und der Gase aus dem Kerne gestattet, ohne dass diese in die Gussform eintreten. Die Abbildungen lassen erkennen, in welcher Weise man diesen Zweck erreicht. Die Kernspindel Fig. 155 ist aus einem gewalzten Rundstabe gefertigt. An seinen beiden Enden sind die beiden Laufzapfen angedreht, und der

Fig. 155.

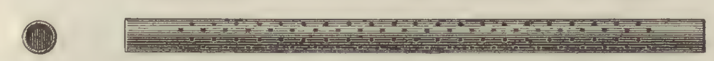


eine (rechts befindliche) ist mit einem vierkantig geschmiedeten Ansatze versehen, zum Aufstecken der Kurbel dienend. Zum Ableiten der Gase sind an der Aussenfläche der Spindel vier Längsnuten eingearbeitet, über die ganze Länge der Spindel sich erstreckend. Kernspindeln dieser Art sind verhältnismässig kostspielig, aber für kleine Durchmesser (unter 25 mm), z. B. für den Guss enger Röhren, recht zweckmässig.

Fig. 156 zeigt eine für Kerne mit etwas grösserem Durchmesser bestimmte Spindel. Sie ist aus einem schmiedeeisernen Rohre (Gasrohre) gefertigt. Das Innere des Rohrs dient zum Ableiten der Gase;

damit diese aber aus dem Kerne hineintreten können, wird die Spindel mit zahlreichen, auf der Bohrmaschine gebohrten kleinen Löchern versehen, welche den Kern mit ihrem Inneren verbinden. Die zum Drehen

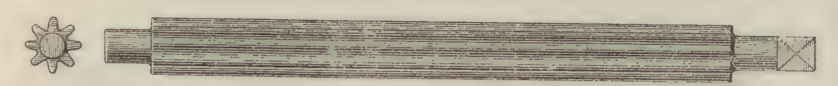
Fig. 156.



dienende Kurbel wird hier mit einem Zapfen in das offene Ende der Spindel hineingesteckt und nötigenfalls durch einen Keil befestigt.

Für noch grössere Durchmesser der Kerne fertigt man der grösseren Steifigkeit halber die Kernspindeln aus Gusseisen statt aus Schmiedeeisen. Man kann sie hierbei wieder entweder voll mit sternförmigem Querschnitte, wie die Spindel Fig. 157, oder hohl giessen und in letzte-

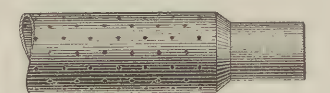
Fig. 157.



rem Falle mit durchgebohrten Löchern versehen (Fig. 158). Erstere Form gibt bei weniger starken Spindeln eine grössere Steifigkeit, letztere ist ihrer Leichtigkeit halber für weitere Durchmesser vorzuziehen.

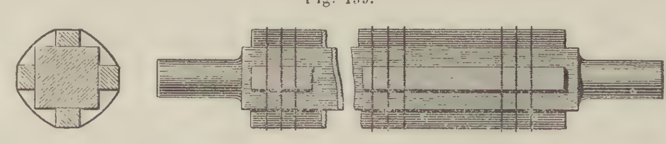
Fig. 158.





Kommt der Fall vor, dass für nur einen oder wenige Abgüsse eine Kernspindel beschafft werden muss, so kann man sich mitunter in der Weise helfen, wie es in Fig. 159 dargestellt ist. Ein Stab aus Quadrateisen wird mit angedrehten Zapfen versehen, dann legt man auf die vier flachen Seiten schwächere Quadratstäbe und heftet das Ganze durch Bindedraht zusammen.

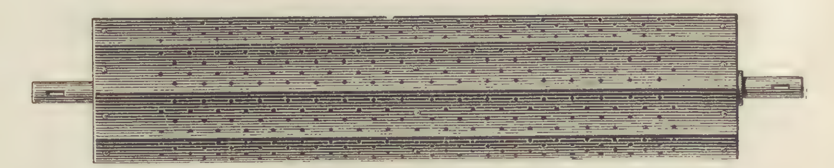
Fig. 159.



Sehr weite Kernspindeln, wie sie z. B. zum Gusse grosser Gas- und Wasserleitungsröhren erforderlich sind, würden, aus Gusseisen gefertigt, ein sehr beträchtliches Gewicht erhalten und sich nur in schwerfälliger Weise handhaben lassen. Man fertigt sie deshalb besser in der Weise, wie es Fig. 160 und 161 veranschaulichen. Auf der inneren schmiedeisernen Spindel a werden die drei durchbrochenen Gusseisen-

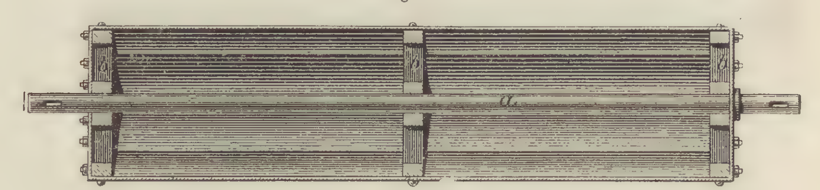
scheiben b b b befestigt, und auf diese schraubt man nun die äussere, aus durchlochten Blechtafeln gebildete Umhüllung auf. Die Gusseisenscheiben können acht- oder zwölfeckig geformt sein, so dass sich flache

Fig. 160.



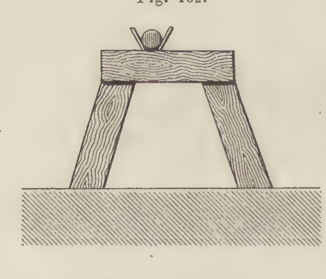
Blechstreifen zu der Umkleidung benutzen lassen; kreisrunde Form der Scheiben würde ein zuvoriges Biegen der Blechtafeln erforderlich machen und dadurch die Anfertigung erschweren.

Fig. 161.



Wo solche Spindeln von grossem Durchmesser nur ausnahmsweise Verwendung finden, kann es zweckmässig sein, eine sogenannte Differentialspindel in Bereitschaft zu halten, deren Durchmesser innerhalb gewisser Grenzen verstellbar ist. Ihr Umfang besteht aus einzelnen Stücken mit keilförmigen, an ihrer Innenseite angebrachten Nasen; durch Verschiebung von Keilstücken, welche im Innern der Spindel angeordnet sind und gegen jene Nasen sich stemmen, lassen die Segmentstücke des Umfangs sich näher zusammen oder weiter auseinander schieben, je nachdem der Durchmesser verkleinert oder vergrössert werden soll [1]).

Fig. 162.



Die Kerndrehbank, auf welcher die Kernspindel während des Drehens ihre Auflage findet, besteht gewöhnlich nur aus zwei in entsprechendem Abstande voneinander aufgestellten hölzernen Böcken von 70 bis 80 cm Höhe, auf denen die Zapfen der Spindeln ruhen. Zwei eingeschlagene Eisenstifte an jeder Seite des Zapfens verhindern dessen Verschiebung und sichern somit der Spindel ihre Lage (Fig. 162). Seitlich von der Spindel und parallel zu ihr ruht ebenfalls auf den

[1]) Näheres über diese von Cochrane erfundene Einrichtung: A. Ledebur, Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie, 2. Auflage, Seite 147 (mit Abbildung).

Böcken die Schablone. Diese Einrichtung ist einfach und gewährt den Vorteil, dass sie leicht an jeder beliebigen Stelle des Arbeitsraums aufgestellt und nach beendigter Arbeit zur Seite gesetzt werden kann, ohne besonderen Platz zu beanspruchen; da die Böcke untereinander nicht verbunden sind, ist sie auch für jede beliebige Spindellänge benutzbar. In Giessereien dagegen, in welchen täglich zahlreiche Kerne von gleicher Länge gedreht werden, z. B. in Röhrengiessereien, benutzt man mitunter zur Ersparung an Handarbeit Kerndrehbänke, bei welchen von einem Deckenvorgelege aus durch Riemenscheiben eine Spindel bewegt wird, welche dann durch einen Mitnehmer oder eine übergeschobene Muffe die Drehung auf die in Lagern ruhende Spindel überträgt [1]. Wo indes nicht jene Massenanfertigung gleicher Kerne stattfindet, würde die Einrichtung kaum einen Zweck haben.

Soll die Arbeit des Kerndrehens beginnen, so werden die erwähnten Böcke in der passenden Entfernung voneinander aufgestellt, die Spindel wird darauf gelegt, die Kurbel aufgesteckt. Man umwickelt nun zunächst die Spindel in der ganzen Längenausdehnung, welche der Kern erhalten soll, mit Strohseilen, indem man das Ende des Seils am Ende der Spindel befestigt, alsdann diese in Umdrehung versetzen lässt und dabei das Seil entsprechend führt, so dass sich Windung an Windung legt. Dieses Umwickeln mit Stroh (für kleine Kerne benutzt man wohl statt der gesponnenen Seile lange Strohhalme oder Heu, für sehr kleine Werg; auch fertige Seile aus Holzwolle kommen neuerdings in den Handel) hat einen doppelten Zweck. Zunächst soll dadurch verhütet werden, dass jene Kanäle oder Löcher, welche das Entweichen der Gase aus dem Kerne ermöglichen sollen, durch den später aufgetragenen Lehm verstopft werden. Zweitens aber soll dadurch der Schwindung des Abgusses, d. h. der Verkleinerung seines Durchmessers, Rechnung getragen werden. Die Strohschicht auf der Spindel ist nicht allein von vornherein elastisch und erträgt eine gewisse Zusammendrückung, sondern sie verkohlt auch beim Giessen, schwindet dabei selbst beträchtlich und ermöglicht solcherart eine Zusammendrückung der darüber befindlichen Lehmschicht. Ohne diese Umwickelung der Kernspindeln würden auch Abgüsse von kleinerem Durchmesser nach der Schwindung so fest den Kern umschliessen, dass es oft nicht möglich sein würde, ihn aus dem Abgusse, ohne diesen zu zertrümmern, heraus zu bekommen; Abgüsse von grösserem Durchmesser aber, deren gesamte Schwindung entsprechend diesem grösserem Durchmesser beträchtlicher ist, würden beim Schwinden reissen.

Die Anfertigung der Strohseile geschieht in der auf Seite 190 besprochenen Weise. Je grösser der Durchmesser des herzustellenden Abgusses ist, desto sorgfältiger muss die Kernspindel umwickelt werden. Eine einmalige gute Umwickelung mit nicht zu schwachen Seilen genügt jedoch meistens auch bei den stärksten Abgüssen; nur wenn der Durchmesser der vorhandenen Spindel etwas klein ist im Verhältnis zu dem Durchmesser des herzustellenden Kerns, gibt man zwei oder drei Umwickelungen übereinander, damit die später aufzutragende Lehm-

[1]) Abbildung einer solchen Kerndrehbank: Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen in Preussen 1886, Taf. III, Fig. 4.

schicht nicht allzu dick werde. Je dicker diese ausfällt, desto schwieriger lässt sie die Gase nach innen entweichen und desto länger trocknet sie.

Ist das Bewickeln der Kernspindel beendigt, so entfernt man wohl, wenn etwa zahlreiche Halme sperrig aus den Seilen herausragen, sie durch Abbrennen; dann bestreicht man die Strohschicht äusserlich mit Lehmwasser und beginnt nun das Auftragen des Lehms, nachdem die Schablone parallel zu der Kernspindel auf die Böcke gelegt worden ist. Die richtige Lage der Schablone, welche den Durchmesser des entstehenden Kerns bedingt, lässt sich leicht durch ein Paar eingeschlagener Stiftchen auf den Böcken sichern; im übrigen ist man auch durch Benutzung des Tastezirkels — eines unentbehrlichen Werkzeugs des Kernmachers — leicht im stande, zu prüfen, ob der Kern seine richtige Stärke besitzt.

Für die Dicke der Lehmschicht genügt bei kleinen Kernen schon 5 bis 10 mm; starken Kernen pflegt man eine 15 bis 20 mm starke Lehmbekleidung zu geben. Wie schon angedeutet wurde, ist jedoch dieses Mass häufig von dem Durchmesser der vorhandenen Kernspindel abhängig; denn für Herstellung von nur wenigen Abgüssen ist es minder kostspielig, vorhandene Kernspindeln zu benutzen und, wenn ihr Durchmesser etwas zu klein sein sollte, eine etwas stärkere Stroh- und Lehmbekleidung zu geben, als eine neue Kernspindel zu beschaffen. Das Auftragen des Lehms erfolgt, während die Spindel langsam gedreht wird, mit der Hand unter Benutzung der Schablone zum Abschlichten der Oberfläche. Ist die erforderliche Lehmschicht dünn, so wird sie in einmaliger Arbeit aufgetragen, geschlichtet, mit dem Taster an den verschiedenen Stellen auf den richtigen Durchmesser geprüft und getrocknet; ist sie dicker, so trägt man zunächst eine Schicht aus Fettlehm auf, trocknet, bringt den Kern zum zweiten Male auf die Drehbank, überzieht nun die untere Schicht mit einer zweiten aus magerem Lehm (Sandlehm), die alsdann auf den richtigen Durchmesser abgedreht wird, und bringt den Kern zum zweiten Male in die Trockenkammer.

Nach dem Trocknen werden die Kerne nochmals auf die Bank gelegt, mit Wasser unter Benutzung der Schablone gescheuert, Risse, die beim Trocknen entstanden waren, werden ausgebessert, der Durchmesser, welcher beim Trocknen sich etwas zu verändern pflegt, wird geprüft und, wenn nötig, berichtigt, dann wird der Kern geschwärzt und nochmals kurze Zeit getrocknet. Er ist nunmehr zum Einlegen in die Gussform fertig.

Als Beispiel für die Herstellung gezogener Kerne möge die Anfertigung eines Kerns für einen Rohrkrümmer beschrieben werden. Er wird aus zwei Hälften dargestellt, deren Teilungsebene durch die Achse des Kerns geht, und welche mit Bindedraht zusammengeheftet sind. Die Schablone c (Fig. 163) ist dem Profile der Kernhälfte entsprechend ausgeschnitten; als Unterlage bei der Anfertigung des Kerns dienen sogenannte „Ziehplatten“ b (Fig. 164; für jede Kernhälfte eine Ziehplatte), welche aus Gusseisen im Herdguss hergestellt werden können. Die Ziehplatte ist etwas breiter als der Kern, und die Schablone ist, wie die Abbildung erkennen lässt, mit Hilfe eines Aus-

schnitts am Rande der Ziehplatte geführt. Hat, wie in dem vorliegendem Falle, der Kern nicht an allen Stellen den nämlichen Durchmesser (an der rechts befindlichen Muffe des Rohrkerns erweitert sich der Durchmesser), so müssen auch die Ziehplatten diesem Profile entsprechend geformt sein, und für die Stelle mit dem abweichenden Durchmesser muss auch eine besondere Schablone gefertigt werden.

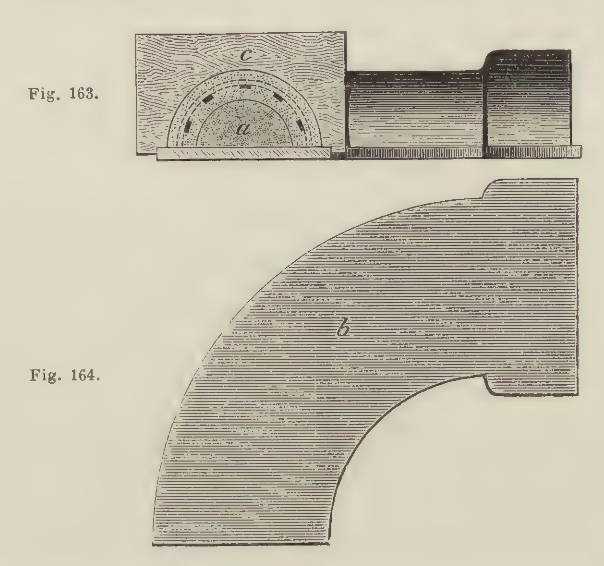


Fig. 163.

Fig. 164.

Die Ziehplatten werden, wenn die Arbeit beginnen soll, auf eine wagerechte Unterlage mit der glatten Seite nach oben gelegt, und, da der Kern hohl werden soll, trägt man zunächst aus Sand auf der Ziehplatte aus freier Hand einen sogenannten verlorenen Kern a, einen Kern im Kerne auf. Auf diesen kommt eine Schicht Fettlehm, ebenfalls von Hand aufgetragen, dann das Gerippe oder die Rüstung des Kerns, welches hier, wie bei Lehmgussformen, aus einzelnen, dem Profile des Kerns entsprechend gebogenen Längsstäben besteht, durch halbkreisförmige Querstäbe, welche durch Bindedraht befestigt werden, zu einem Ganzen verbunden (vergl. die Abbildung). Dann folgt über dem Gerippe eine Schicht mageren Lehms, welche nun durch die längs der Achse fortbewegte Schablone ihre Form erhält. Die Uebergangsstelle zwischen den beiden abweichenden Querschnitten des Kerns muss aus freier Hand nachgearbeitet werden. Grosse Kerne trocknet man zum ersten Male nach dem Auftragen der ersten Lehmschicht und ein zweites Mal nach dem Ziehen mit der Schablone; kleinere Kerne mit geringerer Lehmstärke brauchen nur einmal getrocknet zu werden. Das Trocknen geschieht, während die Kerne noch auf der Ziehplatte sich befinden. Nach dem Trocknen hebt man sie behutsam von der zurückbleibenden Sandschicht (dem verlorenen Kerne) ab, prüft zunächst die Abmessungen jeder Kernhälfte, indem man sie auf die betreffende Hälfte des Modells legt, hilft, wenn nötig, mit der Raspel oder durch Auftragen frischen Lehms hier und da nach, legt beide Kernhälften

zusammen, verbindet sie durch umgelegten, in den Lehm etwas eingedrückten Bindedraht, prüft mit dem Taster den Durchmesser, verstreicht die Trennungsfuge sowie etwa vorhandene Risse oder Fehlstellen mit Lehm, schwärzt und trocknet nochmals gelinde.

Seitliche Ansätze an Kerne, welche z. B. bei Röhren mit seitlicher Abzweigung vorkommen, werden für sich geformt und angesetzt. Soll z. B. an ein gerades Rohr ein seitlicher Stutzen angegossen werden, so dreht man mit der Schablone zunächst beide Kerne einzeln auf, zieht den Kern für den Seitenstutzen, wenn er trocken geworden ist, von der Kernspindel ab und bearbeitet nun seine Endfläche, welche sich an den Hauptkern anlegen soll, mit der Raspel so lange, bis sie passt.

Das Einlegen der Kerne.

Diese Arbeit erfordert nicht allein Vorsicht, damit die Gussform oder der Kern nicht beschädigt werde und der letztere seine richtige Lage erhalte, sondern häufig sind noch besondere Massregeln notwendig, um zu verhindern, dass der Kern jene richtige Lage nicht etwa nachträglich ändere. Ein Kern, dessen Länge beträchtlich im Verhältnisse zu seinem Durchmesser ist, z. B. ein Röhrenkern, Säulenkern, biegt sich, wenn er wagerecht in die Gussform eingelegt wird, in der Mitte vermöge seines eigenen Gewichts; auch die kräftigste Kernspindel ist nicht im stande, ihn vollständig davor zu schützen. Kerne aber, welche in zwei Kernmarken gelagert sind und eine solche Form besitzen, dass ihr Schwerpunkt ausserhalb der Verbindungslinie der Kernmarken liegt, vermögen überhaupt nicht, sich frei zu tragen, auch wenn ihre Länge nicht sehr gross ist; der Kern eines Rohrkrümmers z. B. wird stets das Bestreben haben, an der Krümmungsstelle sich zu senken, und wird jedenfalls diesem Bestreben nachgeben, wenn er nicht besonders gestützt wird. Alle diese Kerne müssen also vor dem Gusse sich senken oder in der Mitte nach unten biegen; bei dem Gusse aber werden sie durch den Auftrieb des flüssigen, spezifisch schweren Metalls nach oben, also in entgegengesetzter Richtung, gedrückt. Es entsteht ein Abguss mit unrichtigen Wandstärken. Es ist demnach erforderlich, solche Kerne von unten sowohl als von oben zu stützen. Noch andere Kerne haben überhaupt nur eine Kernmarke und bedürfen aus diesem Grunde ebenfalls einer besonderen Stütze.

Man bedient sich zu diesem Zwecke der Kernnägel und Kernsteifen (auch Kernstützen genannt). Kernnägel unterscheiden sich von gewöhnlichen Nägeln nur durch einen etwas breitern Kopf. Man benutzt sie vorwiegend in der Sandformerei zum Stützen leichter Kerne. Sie müssen so lang sein, dass, wenn ihr Kopf den Kern berührt, ihre Spitze aus der Gussform vorsteht, um hier durch Einklopfen in das Unterlagsbrett des Formkastens oder ein besonderes, zu diesem Zwecke angebrachtes Holzstück befestigt zu werden. Sie werden also, bevor der Kern eingelegt wird, in der erwähnten Weise da, wo der Kern gestützt werden soll, eingeklopft, so dass sie genau um soviel in die Gussform hineinragen, als die Wandstärke des Abgusses betragen soll. Ein Brettchen mit entsprechendem Ausschnitte pflegt zum Messen hierbei benutzt zu werden.

Für schwerere Kerne, welche in die Nägel sich eindrücken würden, ersetzt man diese durch Kernsteifen, von denen eine in Fig. 165 abgebildet ist. Sie bestehen aus einer Blechplatte mit eingenietetem Stifte und werden in der Schlosserei gefertigt. Für Kerne mit ebenen Flächen ist, wie bei der abgebildeten Kernsteife, die Platte flach; für gekrümmte Flächen, z. B. bei Röhren- und Säulenkernen, wird sie dieser Krümmung entsprechend gebogen. Der Stift ist, wenn eine Holzunterlage vorhanden ist, wie bei den Kernnägeln, zugespitzt; in anderen Fällen benutzt man eine Eisenplatte als Unterlage oder Gegenhalter der Kernsteife (besonders bei denjenigen, welche den Kern von oben her vor dem Auftriebe schützen sollen) und lässt dann den Stift ohne Spitze.

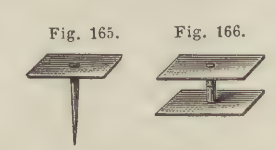


Fig. 165. Fig. 166.

In Massegussformen lassen sich jedoch solche Kernsteifen, deren Stift durch das Formmaterial hindurchgeht und erst nach dem Trocknen eingeklopft werden könnte, nicht gut benutzen. Man bedient sich dann sogenannter doppelter Kernsteifen (Fig. 166), aus zwei Blechplättchen bestehend, welche durch ein oder zwei eingenietete Stifte miteinander verbunden sind, und deren Abstand genau der Wandstärke des herzustellenden Abgusses entspricht. Besonders häufig kommen diese doppelten Kernsteifen in Anwendung, wenn zwei benachbarte Kerne durch eingesetzte Steifen in ihrer Lage gegeneinander festgehalten werden sollen, da in diesem Falle Kernsteifen mit langem Stifte überhaupt nicht anwendbar sein würden[1]).

In jedem Falle werden die Kernsteifen, soweit sie in die Gussform hineinragen, von dem flüssigen Metalle eingehüllt und bleiben im Abgusse stecken. Die herausragenden Stifte der Kernnägel und einfachen Kernsteifen werden nach dem Erkalten des Abgusses mit Meissel und Feile beseitigt; die doppelten Kernsteifen bleiben im Gussstücke. Dieser Umstand bildet eine gefährliche Klippe für das Gelingen des Gusses besonders dann, wenn die Abgüsse thunlichst dicht sein sollen. Schon im ersten Abschnitte wurde jener Gasentwickelung gedacht, welche unfehlbar eintritt, wenn geschmolzenes kohlenstoffhaltiges Eisen mit Oxyden des Eisens zusammentrifft. Alles Eisen aber, aus dem man die Kernsteifen oder Kernnägel fertigt, ist mit einem Oxydhäutchen, sogenanntem Glühspan (Oxyduloxyd), überzogen; wollte man die Kernsteifen ohne weiteres in die Gussform einsetzen, so würde rings um die Kernsteife her Gasentwickelung stattfinden und ein an dieser Stelle von Blasen durchsetztes Gussstück erfolgen. Die Steifen müssen daher metallisch reine Oberfläche besitzen, also durch Befeilen oder auch durch Abbeizen mit schwacher Salzsäure oder Schwefelsäure von ihrem oxydischen Ueberzuge befreit werden. Lässt man aber solche gereinigten Eisenwaren einige Zeit liegen, so überziehen sie sich bekanntermassen mit Rost, welcher noch kräftiger als das ursprüngliche Oxyduloxyd Gasbildung hervorruft. Zur Beseitigung des Uebelstandes verzinnt man die Kernsteifen, indem man sie unmittelbar, nachdem sie mit Salzsäure

[1]) Ueber Kernsteifen, welche durch Walzen in einem Stück gefertigt werden, vergleiche „Stahl und Eisen" 1898 Seite 143.

gebeizt wurden, in geschmolzenes Zinn wirft; oder man fertigt sie ohne weiteres aus Weissblech (verzinntem Eisenblech), und man verleiht ihnen hierdurch einen gewissen Schutz gegen das Rosten.

Eine vollständige Sicherheit gegen die Entwickelung von Gasen in der Nähe der Kernsteife wird jedoch auch durch dieses Mittel nicht gegeben. Das Eisen hat, wie viele andere Körper, die Eigenschaft, sich im kalten Zustande mit einer verdichteten Gashülle zu umgeben, welche beim Erhitzen entweicht; je kälter die Kernsteife war, als das Giessen erfolgte, eine desto reichlichere Menge Gase wird sich entwickeln, auch wenn die Kernsteife frei von Oxyden war. Rings um die Kernsteife herum gewahrt man alsdann, wenn man den Abguss durchteilt, die gebildeten und in dem rasch erstarrenden Metalle zurückgehaltenen Gasblasen.

Auch der Umstand, dass das flüssige Eisen nur selten vollständig mit der Kernsteife zusammenschmilzt, erschwert die Erzielung dichter Güsse. Trifft das eingegossene Metall die Kernsteife, so bildet sich sofort eine erstarrte Kruste rings um diese herum; schwindet nun später der Abguss, so wird die Kruste von der Kernsteife abgezogen, es entsteht ein Zwischenraum zwischen dieser und dem eingegossenen Metalle, welcher Flüssigkeiten und Gasen den Durchgang frei lässt. Mitunter ist dieser Zwischenraum so beträchtlich, dass man ohne grosse Mühe die ganze Kernsteife aus der Wand des Gussstücks herausziehen kann, und in solchen Fällen ist selbstverständlich das letztere fast immer unverwendbar. Vollständig lässt sich dieser Uebelstand nur vermeiden, wenn es gelingt, die Kernsteife mit dem Eisen zum Zusammenschmelzen zu bringen. Möglichst geringe Stärke der Kernsteife, dicke Wandstärke des Abgusses da, wo die Steife eingesetzt wird, erleichtern die Erreichung dieses Ziels. Wo es irgend angeht, gibt man deshalb den Gussstücken an den Stellen, wo die Kernsteifen sich befinden, Verstärkungen; ausserdem feilt man die Stifte rauh, um die Berührungsfläche zu vergrössern und das Festgiessen zu erleichtern.

Jedenfalls ergibt sich aus dem Gesagten, dass Kernsteifen stets als ein Uebel, wenn auch gar häufig als ein unvermeidliches, angesehen werden müssen, und dass man wenigstens soviel als irgend thunlich ihre Anwendung einschränken sollte. Beim Gusse von Säulen und Röhren mit gerader Achse werden z. B. Kernsteifen entbehrlich, wenn man stehend, d. h. bei senkrechter Stellung der Gussform, giesst; der Kern wird dann von keiner Seite her verbogen, und besonders in der Röhrengiesserei, wo es mehr noch als beim Säulengusse auf Dichtigkeit ankommt, ist deshalb dieses Verfahren das einzig zulässige.

Wendet man für irgend einen Abguss einen hohlen Kern an — alle gedrehten oder gezogenen Lehmkerne sind hohl, wie sich aus der gegebenen Beschreibung ihrer Anfertigung ergibt —, so treten brennbare Gase, die in dem Kerne selbst aus der Kohle und dem Wassergehalte sich entwickeln, in das Innere des Kerns und mischen sich mit der hier befindlichen Luft. War der Kern klein, so ist eine Gefahr hierdurch kaum zu befürchten; hat der Kern senkrechte oder geneigte Lage, so veranlasst die stattfindende Erwärmung des Innern einen raschen Luftwechsel, und die erwärmten Gase treten, häufig mit Flamme

verbrennend, am oberen Ende des Kerns aus, während am unteren Ende frische Luft zutritt. Hat der Kern aber wagerechte Lage und wohl gar gekrümmte Form, welche das Entweichen der Gase noch erschwert, so bildet sich im Innern ein ruhig stehendes Gemisch von Luft und Gas, wirkliches Knallgas; hat die Erhitzung desselben ein gewisses Mass erreicht, so tritt Entzündung ein, und es erfolgt eine Explosion, welche den Kern samt der Gussform zertrümmern kann. Je grösser der Kern war, desto grösser ist diese Gefahr. Sie lässt sich vermeiden, wenn man den Kern mit irgend einem durchlässigen Stoffe ausfüllt, welcher den grössten Teil der eingeschlossenen Luft verdrängt, ausserdem aber, indem er selbst Wärme beim Giessen aufnimmt, abkühlend auf die Gase einwirkt und ihre Entzündung verhindert. Scharfkantiger Sand, Koksgrus und dergleichen sind geeignete Körper hierfür. Insbesondere bedürfen diejenigen Kerne einer solchen Ausfüllung, welche nicht durch eine eiserne im Innern befindliche Spindel geschützt sind (gezogene Kerne, Kerne an Rohrstutzen u. a. m.); eine Kernspindel ist auch bei liegendem Gusse gewöhnlich kräftig genug, den Kern und die Gussform vor den Folgen der Explosion zu schützen.

V. Ueber einige Mittel zur Erzielung reiner Güsse.

Die häufig benutzten Ausdrücke: „reiner Guss“ oder „dichter Guss“ kennzeichnen solche Abgüsse, welche an der Aussenfläche und im Innern frei sind von Hohlräumen und eingemengten fremden festen Körpern: Schlacken- oder Kohlenstückchen, losgerissenen Teilchen der Gussform, Garschaum u. a. m.

In sehr vielen Fällen ist Dichtigkeit des Abgusses Bedingung für seine Brauchbarkeit. Gegenstände, welche auf bestimmte Festigkeit in Anspruch genommen werden, oder solche, welche bearbeitet werden und nach der Bearbeitung ein vollendetes, fehlerfreies Aeussere besitzen müssen (Kunstgegenstände, Walzen für Eisen, Papier u. a. m., die Innenflächen von Dampf-, Gebläse-, Pumpencylindern, die Nabenöffnungen von Rädern, u. v. a.), können ihren Zweck nur erfüllen, wenn der Guss dicht ist. Besonders verdriesslich ist es, wenn die Undichtigkeiten erst zutage treten, nachdem bereits ein Aufwand von Zeit, Arbeitslöhnen und Werkzeugen auf die Bearbeitung des Gussstücks verwendet worden ist, ein Fall, welcher gar nicht selten vorkommt. Die Aufgabe, dichten Guss zu liefern, ist deshalb für den Giesser von Wichtigkeit; aber die Mittel zur Erreichung dieses Ziels sind ziemlich mannigfaltig, und ihre Wahl muss von der Beschaffenheit des jedesmaligen Gussstücks abhängen. In folgendem sollen die wichtigsten dieser Mittel besprochen werden[1].

Wahl und Behandlung des Formmaterials.

Die Einflüsse, welche die Beschaffenheit des Formmaterials auf die Dichtigkeit der Gussstücke ausübt, sind teilweise schon früher berührt worden.

---

[1]) Vergleiche hierüber auch die Abhandlung von F. Wüst: Ueber die Entstehung von Fehlgüssen; „Stahl und Eisen“ 1900, Seite 1041, 1098.

Aus den Mitteilungen über die Eigenschaften der Formmaterialien ergibt sich, dass ihre Durchlässigkeit in der Regel abnimmt, wenn ihre Bindekraft, d. h. ihre Bildsamkeit und Haltbarkeit, zunimmt, und dass ein Formmaterial, insbesondere ein Formsand, um so vorzüglicher ist, in je reicherem Masse beide Eigenschaften in ihm vereinigt sind. Ist das Formmaterial nicht durchlässig genug, so treten Gase und Dämpfe in die Gussform, bleiben im erstarrenden Eisen eingeschlossen und rufen Hohlräume (Blasen) hervor, ist das Formmaterial nicht fest genug, um dem Drucke und der Reibung des eintretenden flüssigen Eisens Widerstand zu leisten, so werden Teilchen losgerissen und von dem Eisen fortgeführt, um an der Stelle, wo sie schliesslich im erstarrten Abgusse zurückbleiben, dessen Reinheit zu beeinträchtigen. Hieraus ergiebt sich die Notwendigkeit, getrocknete Gussformen, welche grössere Festigkeit besitzen, anzuwenden, wenn ein solches Losreissen zu befürchten ist und es auf Dichtigkeit ankommt. Das Trocknen selbst aber muss wiederum den Eigentümlichkeiten des Formmaterials angepasst werden. Je magerer das letztere ist, desto weniger hoch darf die zum Trocknen angewendete Temperatur sein, wenn nicht ein Zerfallen, Mürbewerden der Gussformen herbeigeführt werden soll, also gerade das Gegenteil dessen, was man durch die Anwendung getrockneter Formen zu erreichen beabsichtigte; je thonreicher, fetter das Formmaterial ist, desto anhaltender muss getrocknet werden, damit die Feuchtigkeit ausgetrieben werde.

Dass auch eine unrichtige Behandlung eines sonst guten Formmaterials zur Entstehung unreiner Güsse Veranlassung geben kann, versteht sich von selbst. Dem gebrauchten Formsande u. s. w. muss frischer zugesetzt werden, die Mischung der verschiedenen Bestandteile (der verschiedenen Sandsorten, des alten und frischen Sandes, des Sandes und der Steinkohle, des Lehms und Pferdedüngers u. s. w.) muss gleichmässig sein, der Feuchtigkeitsgrad des Formmaterials beim Einformen muss dessen Beschaffenheit angepasst werden u. s. f.

Enthält das Formmaterial Bestandteile, welche bei der Erhitzung unter Gasentwickelung zerlegt werden, z. B. kohlensaures Calcium oder andere, so kann auch hierdurch Veranlassung zur Entstehung undichter Güsse gegeben werden.

Auch die Beschaffenheit und die Behandlung der Ueberzüge, welche man den Gussformen zum Schutze gegen das „Anbrennen“ des Gusseisens zu geben pflegt, ist für die Erzielung dichter Güsse nicht ohne Wichtigkeit. Sind sie allzu dick aufgetragen, oder haften sie nicht ausreichend fest an der Gussformwand, so werden sie von dem flüssigen Metalle aufgenommen, fortgeführt und beeinträchtigen da, wo sie zuletzt verbleiben, die Dichtigkeit des Abgusses; sind sie allzu dicht und enthalten noch Feuchtigkeit, so kann Dampfbildung innerhalb der Gussform eintreten. Ein Zusatz von Ammoniaksalzen oder eines wässerigen Auszuges des Pferdedüngers zur Schwärze wirkt deshalb günstig, weil diese durch die Verflüchtigung jener Körper in einen durchlässigeren Zustand versetzt wird.

Die Befestigung vorspringender Teile der Gussformen durch Formerstifte, das Glätten und Andrücken (Polieren) der aufgestäubten Kohle

oder der mit dem Pinsel aufgetragenen Schwärze erleichtert nicht allein die Erzielung sauberer, sondern auch dichter Güsse.

Die Stellung der Gussform.

Gar sehr hängt die Reinheit eines Abgusses von der Stellung der Gussform beim Giessen ab. Man vergegenwärtige sich nur, dass alle diejenigen Körper, welche Undichtigkeiten hervorrufen, Gas- und Luftblasen, Sandkörnchen, Kohlenstückchen, Garschaum u. a., spezifisch leichter sind als das flüssige Metall und deshalb, so lange nicht Erstarrung eingetreten ist, nach der höchsten Stellung der Gussform hinstreben, um sich hier anzusammeln. Die beim Gusse unten befindlichen Teile eines Abgusses sind daher regelmässig reiner als die oberen. Kommt es also darauf an, dass vorwiegend eine bestimmte Seite eines Gussstücks dicht sei, so ist die Gussform nach Möglichkeit so einzurichten, dass jene Seite sich beim Gusse zu unterst befindet. Wenn man z. B. verzierte Gegenstände zu giessen hat, bei denen die Verzierung nur auf einer Seite sich befindet — Ofenplatten, Reliefs, Ornamente u. v. a. — so legt man die Modelle so, dass jene verzierte Seite in der Gussform nach unten kommt; werden an Maschinenteilen einzelne Stellen durch Hobeln, Drehen, Feilen u. s. w. bearbeitet, während andere unbearbeitet bleiben, so sucht man die letzteren in der Gussform zu oberst zu bringen.

Hat der Abguss eine lange Achse — Röhren, Säulen-, Dampf-, Gebläse- und Pumpencylinder, Presscylinder für Wasserdruckpressen, Pumpenkolben, Walzen u. a. m. — so würden, wenn man dieser Achse beim Gusse wagerechte Lage geben wollte, alle fremden Ausscheidungen sich längs der ganzen langgestreckten oberen Fläche des Abgusses verteilen, seine Dichtigkeit beeinträchtigend und unter Umständen seine Brauchbarkeit vereitelnd. Stellt man dagegen die Gussform beim Giessen derartig auf, dass ihre Hauptachse senkrecht oder wenigstens geneigt steht, so häufen sich die ausgeschiedenen Fremdkörper an der oberen schmalen Fläche an, wo sie gewöhnlich minder nachteilig sind, und lassen sich sogar, wenn man hier einen entsprechenden, später von dem Abgusse abzutrennenden Aufsatz auf der Gussform anbringt, in welchem sie sich sammeln (einen verlorenen Kopf), vollständig unschädlich machen.

Aus diesen Gründen ist bei Herstellung von Gusswaren der genannten Gattung die Anwendung des sogenannten stehenden Gusses unerlässlich, wenn man mit einiger Sicherheit dichte Abgüsse erzielen will, obschon die Aufstellung und das Abgiessen der stehenden Gussformen meistens umständlicher ist als das der liegenden. Dass für den stehenden Guss getrocknete Formen aus Masse, fettem Sande oder Lehm geeigneter als solche aus grünem Sande sind, wurde bereits früher besprochen.

Säulen, bei denen es nicht ganz in dem gleichen Masse wie bei den anderen genannten Gegenständen auf vollkommene Dichtigkeit ankommt, pflegt man wenigstens, wenn nicht ausdrücklich stehender Guss vorgeschrieben ist, mit geneigter Achse (etwa 20 Grad gegen die Wage) zu giessen; man befördert dadurch einigermassen die Erzielung einer reinen Oberfläche, ohne die Möglichkeit preiszugeben, grünen Sand statt getrockneter Formen zu verwenden.

Anordnung der Eingüsse.

Mehr, als mancher glaubt, hängt von der Anordnung der Eingüsse ab. Zunächst ist die Grösse des Querschnitts der Eingüsse von Bedeutung. Er soll so bemessen sein, dass es mit Sicherheit gelingt, die Gussform in allen ihren Teilen mit flüssigem Metalle zu füllen. Diese Aufgabe wird um so leichter gelöst werden, je stärker der Einguss ist. Mit dem Querschnitte eines Eingusses aber wächst einesteils die Schwierigkeit, ihn während des Giessens ununterbrochen mit Metall angefüllt zu erhalten, eine Bedingung, ohne deren Erfüllung aus später zu erörternden Gründen der Guss misslingen würde; anderenteils steigert sich die Geschwindigkeit des die Gussform anfüllenden Metalls und mit dieser die Gefahr, das durch das Metall Teilchen der Gussform losgerissen werden und die Reinheit des Abgusses benachteiligen. Bei Gussformen von grosser Flächenausdehnung und verhältnismässig dünnen Querschniten ist es aus diesem Grunde ratsamer, statt eines einzigen sehr starken Eingusses mehrere weniger starke an verschiedenen Stellen der Gussform anzubringen, durch welche gleichzeitig gegossen wird. Ein allzu langsames Giessen, also geringer Querschnitt der Eingüsse, hat, auch wenn die Gefahr einer vorzeitigen Erstarrung des flüssigen Metalls nicht vorliegen sollte, den andern Nachteil, dass auf dem in der Gussform sich fortbewegenden Metalle sicht leicht aufs neue oxydische Körper bilden, welche nicht minder als andere fremde Körper die Reinheit beeinträchtigen. Die Bemessung eines richtigen Verhältnisses zwischen der Form und Grösse des Abgusses einerseits und der Stärke des Eingusses andererseits lässt sich nur durch Uebung im Betriebe erlernen. Gussformen für Stahl erheischen wegen des rascheren Erstarrens dieses Metalls stärkere Eingüsse als solche für Gusseisen.

Aehnliche Einflüsse wie der Querschnitt des Eingusses übt bei geschlossenen Gussformen seine Höhe. Da der Einguss, wie erwähnt, während des Giessens mit flüssigem Metalle gefüllt bleiben muss und auch zuletzt, wenn die Gussform gefüllt ist, noch bis obenhin vollgegossen wird, übt die in ihm befindliche Flüssigkeitssäule einen um so stärkeren Druck auf das im Innern eingeschlossene Metall aus, und die Gussform wird um so schärfer ausgefüllt, je höher der Einguss über das Innere das Gussform emporragt; aber in demselben Masse wächst auch die Gefahr, dass die Gussform durch diesen ausgeübten Druck in ihren Abmessungen erweitert werde, der Guss „treibe“ und dass durch das rascher eintretende Metall Teilchen abgerissen werden, die Dichtigkeit des Abgusses beeinträchtigend.

Berücksichtigung erheischt ferner der Umstand, dass die Eingüsse um so weiter und höher sein müssen, je weniger stark überhitzt das Metall ist, wenn das Giessen beginnen soll. Nun befördert aber eine thunlichst niedrige Temperatur des flüssigen Metalls, sofern nicht etwa Gussformen mit sehr dünnen Querschnitten auszufüllen sind, die Dichtigkeit des Abgusses. Denn je weniger stark überhitzt das Metall eingegossen wird, desto geringer ist seine Schwindung, desto unbedeutender fallen jene Hohlräume aus, welche infolge der Schwindung entstehen (S. 49); von den gelösten Gasen aber entweicht ein um so grösserer

Teil vor dem Giessen, je länger das Metall der Abkühlung ausgesetzt wurde, und in gleichem Masse dichter fällt der Abguss aus (S. 41).

In Rücksicht hierauf sind weite und hohe Eingüsse, welche die Benutzung eines weniger heissen Metalls ermöglichen, der Erzielung dichter Güsse günstig.

Nicht minder wichtig als die Grösse des Eingusses ist die Stelle, welche man ihm gibt. Bei Anwendung geschlossener Gussformen lässt man in manchen Fällen das Metall von oben her in die Gussform hineinfallen, indem man den Einguss unmittelbar auf die Gussform setzt. Dieses Verfahren ist zulässig, wenn durch das Hineinstürzen des Metalls nicht eine Beschädigung der Gussform zu befüchten ist; meistens ist es zweckmässiger, an einer niedrigeren Stelle durch seitliche „Einläufe" von dem trichterförmigem Eingusse her das Metall zuzuführen. Ist die Gussform sehr hoch (bei stehendem Gusse), so ist bei dem Gusse von oben ausser der Gefahr einer Beschädigung auch zu berücksichtigen, dass das zuerst eintretende Metall in Kügelchen zerstäubt, welche erstarren und später, wenn sie von dem nachdringenden Metalle wieder emporgehoben werden, Veranlassung zur Entstehung von Gasbläschen geben können (Seite 42). Es kommt hinzu, dass die in der Gussform befindliche Luft, welche das Bestreben hat, nach oben zu entweichen, wenn die Gussform angefüllt wird, ungehinderter hierzu Gelegenheit findet, wenn das Metall nicht gerade in der entgegengesetzten Richtung, d. h. von dem höchsten Punkte her, eintritt; und endlich werden gasförmige oder feste Ausscheidungen aus dem Metalle leichter und vollständiger an die Oberfläche emporgeführt, um hier in dem verlorenen Kopfe, wenn man einen solchen angebracht hatte, sich zu sammeln, wenn das Metall in Bewegung von unten nach oben ist, also in der Gussform aufsteigt, als wenn die letztere durch Eingiessen von oben her gefüllt wird. Alle diese Gründe wiegen schwer genug, um bei stehendem Gusse ein Giessen von unten, d. h. Einführung des Metalls an einer Stelle, welche an der tiefsten Stelle der Gussform oder doch nicht viel höher liegt, in vielen Fällen als zweckmässig zur Erzielung dichten Gusses erscheinen zu lassen, zumal wenn der Abguss erhebliche Wandstärke besitzt. Die Länge (Höhe) des Eingusses muss für diesen Zweck mindestens gleich der Höhe der Gussform sein und das Metall wird demnach unter starkem Drucke eingeführt. Hierdurch wird nun allerdings wiederum die Gefahr nahe gelegt, dass, besonders an der Krümmungsstelle, wo der Einguss in den wagerechten Einlauf übergeht, Teilchen von dessen Wand durch das einströmende Metall abgerissen und in die Gussform mitgenommen werden, und wenn man nicht Vorsorge trifft, diese Gefahr zu vermeiden, so kann das Giessen von unten nachteilig statt vorteilhaft werden. Sorgsame Herstellung des Eingusskanals aus haltbarer Masse oder Lehm ist deshalb beim Giessen von unten unerlässlich.

Da jene Gefahr mit der Höhe des Eingusses wächst, zieht man es bei sehr hohen Gussformen häufig vor, den Einlauf nicht an der tiefsten Stelle, sondern in einem Drittel oder der Hälfte der ganzen Höhe in die Gussform münden zu lassen, gewissermassen einen Mittelweg zwischen dem Giessen von oben und dem Giessen von unten an-

wendend, bei welchem die geschilderten Nachteile beider Verfahren wenigstens abgemindert sind.

Hat man Körper mit senkrechter Achse und kreisförmigen Querschnitten zu giessen, bei denen es vorwiegend auf eine reine Aussenfläche ankommt, während Undichtigkeiten in der Nähe der Achse weniger von Belang sind — Walzen und dergleichen — so empfiehlt sich die Anwendung des durch die Abbildung (Fig. 167 und 168) veran-

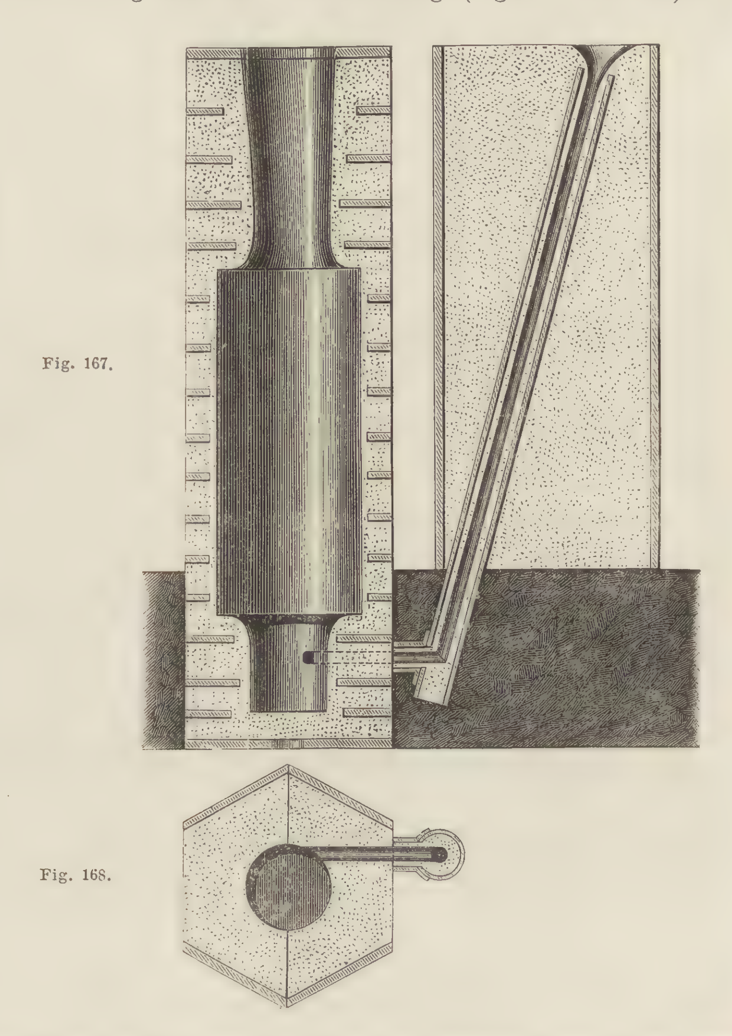


Fig. 167.

Fig. 168.

schaulichten Mittels: Guss von unten mit tangential gegen den Umfang der Gussform gerichtetem Einlaufe. Das Metall gerät in einer solchen Gussform, sobald es eingetreten ist, in eine kreisende Bewegung; die ganze Metallsäule innerhalb der Form befindet sich, während sie mehr und mehr wächst, in unaufhörlicher Drehung um die senkrechte Achse.

Gemäss der Wirkung der Fliehkraft sondern sich hierbei die spezifisch schwereren Bestandteile von den leichteren; erstere bestehen aus dem reinen Metalle selbst, letztere aus vorhandenen gasförmigen, flüssigen oder festen Verunreinigungen. Die spezifisch schwereren Körper drängen nach dem Umfange hin, die leichteren sammeln sich um die Achse herum. Man erhält solcherart einen Abguss mit reinerer Aussenfläche und weniger reinem Kern. Durch die Reibung, welche die sich drehende Metallsäule an den Gussformwänden hervorruft, wird jedoch, wie nicht zu verkennen ist, die Gefahr nahe gelegt, dass Teilchen der Wände losgerissen und in den Abguss geführt werden; und wenn das Eisen schon dem Erstarren nahe war, kann es geschehen, dass sie nicht mehr gegen die Achse fortgetrieben werden, sondern in der Nähe des Umfangs verweilen und so den Zweck des tangentialen Gusses vereiteln. Doppelte Vorsicht bei Auswahl und Bereitung des Formmaterials, Trocknen und Ueberziehen der Gussformen ist also hier geboten.

Es versteht sich von selbst, dass es verkehrt sein würde, tangentiale Einläufe anzuwenden, wenn ein hohler Abguss gefertigt wird, bei dem es vorzugsweise auf Dichtigkeit an der Innenfläche ankommt: Dampf-, Gebläse-, Pumpencylinder u. a. m.

Jene vielfach erwähnten Hohlräume, welche als Folge der Schwindung der Metalle im Innern der Gussstücke auftreten, bilden sich stets da, wo das in der Gussform befindliche Metall am längsten flüssig blieb. Diese Stelle ist aber teils von den Querschnitten des Abgusses abhängig, da an dickeren Stellen die Erstarrung langsamer als an dünneren vor sich geht, teils auch von der Anordnung des Eingusses. In der Nähe des Eingusses oder Einlaufs bleibt das Metall stets länger flüssig als an anderen, gleich starken Stellen, welche weiter von ihm entfernt sind. Denn dort werden die Wände der Gussform durch das stetig hindurchfliessende Metall allmählich stark erhitzt, und flüssiges Metall tritt hier noch ein, während in entfernteren, zuerst angefüllten Querschnitten die Erstarrung schon begonnen hat; durch das im Eingusse schliesslich bleibende Metall findet ausserdem hier eine Anhäufung von Material statt, welche, ebenso wie ein dicker Querschnitt, die Abkühlung und Erstarrung verzögert.

In der Nähe des Eingusses finden sich deshalb leicht hohle Stellen, deren Grösse um so beträchtlicher ist, je dicker der Querschnitt des Abgusses ohnehin an dieser Stelle war. Hieraus ergibt sich die Regel, dass man den Einguss nicht in der Nähe solcher Stellen münden lassen darf, welche besonders dicht sein sollen, und dass es ausserdem zweckmässiger ist, ihn an dünneren als an dickeren Querschnitten anzubringen. Eine Verzweigung des Eingusses in mehrere schwächere Einläufe erleichtert deshalb fast immer die Erzielung dichter Güsse, und wenn man das Metall an Stellen eintreten lässt, wo der Querschnitt des Abgusses weniger stark ist, so ist eine solche Verzweigung schon deshalb notwendig, damit der Einguss an der Mündungsstelle nicht zu dick im Verhältnisse zum Abgusse ausfalle und sich später von diesem ohne eine Gefahr der Beschädigung desselben abtrennen lasse.

Giesst man z. B. ein Rad und setzt den Einguss unmittelbar auf die dicke Nabe, so wird diese in den allermeisten Fällen unterhalb des Eingusses eine hohle Stelle zeigen, die entweder sofort (durch Senkung

der Oberfläche) oder doch beim späteren Ausbohren zutage tritt. Auch wenn man ihn auf den Kranz des Rades setzt, wird er hier dieselbe Wirkung äussern. Weniger bemerkbar wird dagegen der nachteilige Einfluss des Eingusses, wenn man ihn zwischen zwei Armen niederführt und in wagerechte Einläufe verzweigt, welche nach den Armen oder dem Kranze hinführen, und noch besser würde es sein, zwei Eingüsse an verschiedenen Stellen anzubringen. Häufig allerdings zieht man es trotzdem vor, wenn die Nabe nicht ganz besonders dicht sein soll, den Einguss auf diese zu setzen, da von hier aus am leichtesten die Gussform ausgefüllt wird und die ganze Anordnung bequemer ist.

Eine Ausnahme von der Regel, dass der Guss in der Nähe des Eingusses undicht (löcherig) wird, tritt ein, wenn man ihn auf die höchste Stelle der Gussform setzt und so stark im Querschnitte macht, dass das Metall länger im Eingusse als in dem darunter befindlichen Teile des Abgusses flüssig bleibt. Er wird dann zu einem verlorenen Kopfe, von dem sogleich noch die Rede sein wird.

Windpfeifen und Steiger.

Beide Einrichtungen sind nahe miteinander verwandt. Windpfeifen haben den Zweck, der in grossen Gussformen eingeschlossenen atmosphärischen Luft das Entweichen zu ermöglichen, wenn das flüssige Metall eintritt. Sie sind also überhaupt nicht erforderlich, wenn die Menge jener Luft nicht so beträchtlich ist, dass sie nicht durch die Poren und Fugen der Gussform hindurch ihren Weg finden könnte; oder wenn ohnehin schon Oeffnungen vorhanden sind (z. B. ein verlorener Kopf), welche auch der Luft das Austreten ermöglichen. Da Sandgussformen leichter als Masse- oder Lehmgussformen die Luft entweichen lassen, ist die Anbringung von Windpfeifen bei ersteren weniger häufig als bei letzteren erforderlich. Sie bestehen aus senkrecht oder schräg gerichteten Kanälen von entsprechendem Durchmesser, welche beim Einformen ebenso wie die Eingüsse, also in der Modellformerei unter Benutzung eines Modells, hergestellt werden. Damit sie ihren Zweck erfüllen können, müssen sie sich an denjenigen Stellen befinden, welche zuletzt von dem flüssigen Metalle erreicht werden; mithin dem Eingusse gegenüber und in dem Scheitel der Gussform, damit nicht über ihnen eine Luftschicht sich sammele und die Ausfüllung der Gussform durch das Metall behindere.

Steiger sind — wie der Name sagt — senkrechte Kanäle, in welchen das flüssige Metall, nachdem es die Gussform ausgefüllt hat, aufsteigen kann. Sie befinden sich deshalb ebenfalls auf dem Scheitel des Abgusses und haben teils den Zweck, Unreinigkeiten, welche auf dem Metalle schwimmen, aufzunehmen und für den eigentlichen Abguss unschädlich zu machen, teils sollen sie den Stoss abmindern, welchen das Metall gegen die obere Fläche der Gussform in dem Augenblicke ausübt, wo die letztere gefüllt ist und dadurch der ferneren Bewegung des Metalls ein Ziel gesetzt wird. Jener Stoss ist um so beträchtlicher, je höher und je stärker der Einguss ist, und kann Beschädigungen der Gussform veranlassen. Sind nun Steiger vorhanden, in welche das Metall noch eintreten kann, so wird die Bewegung des Metalls nicht

plötzlich gehemmt, sondern allmählich verlangsamt, bis es in den Steigern und dem Eingusse gleich hoch steht, der Stoss wird abgeschwächt und die Gefahr für eine Beschädigung der Gussform verringert. Es folgt hieraus, dass die Anordnung von Steigern überhaupt nur Zweck haben kann, wenn die obere Fläche der Gussform beträchtlich ist und der Einguss hoch über ihr emporragt. Bei Abgüssen mit sehr ausgedehnter Fläche ist es zweckmässig, mehrere Steiger an verschiedenen Stellen anzubringen; je grösser ihr Gesamtquerschnitt ist, desto allmählicher steigt das Metall in ihnen empor, doch wird es auch bei den grössten Abgüssen kaum erforderlich sein, den Steigern einen grösseren Gesamtquerschnitt als den doppelten bis dreifachen Eingussquerschnitt zu geben.

Anwendung des verlorenen Kopfs.

Dieses schon früher mehrfach erwähnte vortreffliche Mittel zur Erzielung dichter Güsse besteht in einem Aufsatze auf dem Abgusse, welcher später durch mechanische Bearbeitung (Bohren, Drehen oder dergleichen) abgetrennt wird, während des Giessens aber in zweierlei Weise nützlich wirkt: erstens, indem er die Entstehung von Hohlräumen, welche die Folge der Schwindung sind, behindert, und zweitens, indem er aufsteigende Gasblasen und feste, aus dem Metalle ausgeschiedene oder durch einen Zufall in die Gussform geratene Fremdkörper aufnimmt und unschädlich macht. Weniger von Belang ist der Druck, den das im Kopfe befindliche Metall auf das darunter befindliche, in der eigentlichen Gussform stehende Metall ausübt, obgleich manche Giessermeister gerade dieser Wirkung einen besonderen Wert beilegen. Um einen Ueberdruck von nur einer Atmosphäre auf das Metall hervorzubringen, müsste ein Kopf von 1,4 m Höhe angewendet werden; besondere Einflüsse auf die Eigenschaften des unter diesem Drucke erstarrenden Metalls aber sind nicht zu erwarten.

Jenen Aufgaben muss die Form und Grösse des verlorenen Kopfes entsprechen. Verhältnismässig leicht gelingt es, dem Kopfe eine für den zuletzt erwähnten Zweck (Aufnahme von fremden Körpern) geeignete Form zu geben; er braucht nur an der höchsten Stelle des Abgusses sich zu befinden und so gestaltet zu sein, dass das Aufsteigen jener Körper in den Kopf nicht behindert ist. Schwieriger ist in manchen Fällen eine vollkommene Lösung der Aufgabe, den Kopf so anzuordnen, dass er die Entstehung von Schwindungshohlräumen verhütet, welche bei grossen Abgüssen erhebliche Abmessungen annehmen können, und gerade in dieser Beziehung wird in den Giessereien gar häufig gefehlt, da mancher, welcher einen verlorenen Kopf anwendet, ganz unklare Ansichten darüber besitzt, wie derselbe eigentlich wirken kann und soll.

Man vergegenwärtige sich bei der Anordnung eines verlorenen Kopfs stets, dass er später erstarren muss als das darunter befindliche Gussstück, wenn er seinen Zweck erfüllen soll; denn aus dem Kopfe soll flüssiges Metall nachfliessen, wenn die Erstarrung des Abgusses vor sich geht, damit die hier entstehenden Hohlräume ausgefüllt werden.

Daher findet sich im richtig angewendeten verlorenen Kopfe schliesslich jene Höhlung, die ohne seine Anwendung im Gussstücke vorhanden gewesen sein würde. Der Kopf bildet gewissermassen einen Vorratsbehälter für flüssiges Metall, aus welchem dieses jederzeit an das Gussstück bis zur völligen Erstarrung des letzteren abgegeben werden kann, sobald Hohlungen entstehen.

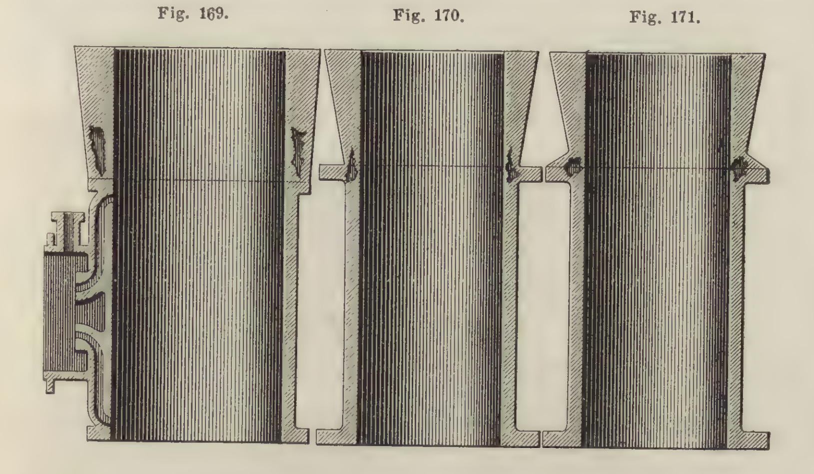
Deshalb darf der Querschnitt des Kopfes nicht geringer sein, als der Querschnitt des Abgusses an der Stelle, wo der Kopf aufgesetzt ist, sondern eher noch grösser; damit nicht von oben her frühzeitige Abkühlung eintrete, überhaupt, damit eine genügende Menge Metall in dem Kopfe angesammelt sei, darf auch seine Höhe nicht allzu gering bemessen und muss mindestens dreimal so gross genommen werden als seine geringste Wandstärke; zweckmässig ist es, den Querschnitt des Kopfes nach oben hin sich allmählich erweitern zu lassen, teils, um der von oben her beginnenden und nach unten fortschreitenden Abkühlung durch den dickeren Querschnitt am oberen Ende entgegenzuwirken, teils auch, um den Erstarrungspunkt des letzten flüssigen Metalls, wo also in jedem Falle eine Druse sich bildet, möglichst weit nach oben zu legen, d. h. vom Gussstücke zu entfernen.

In Fig. 169 ist z. B. ein Dampfcylinder abgebildet, welcher ausgebohrt werden soll, an der Innenseite rein sein muss und zu diesem Zwecke mit ringförmigem verlorenem Kopfe versehen ist. Die Aufgabe, aufsteigende Gasblasen und sonstige Fremdkörper aufzunehmen, würde schon ein Kopf von wenigen Centimetern Höhe erfüllen können; hierbei würde aber die Gefahr entstehen, dass inmitten der Cylinderwand sich bei der Schwindung Hohlräume bilden, welche die Dichtigkeit beeinträchtigen und, wenn sie beim Ausbohren blossgelegt würden, die Brauchbarkeit des Abgusses vereiteln könnten. Durch einen niedrigen Kopf würde diese Gefahr eher erhöht als verringert. Daher ist die abgebildete Form am geeignetsten. Der Kopf ist hier etwa fünfmal so hoch als dick, besitzt unten die Breite der Cylinderflantschen und erweitert sich nach oben. Die Abbildung lässt erkennen, wo nach dem Erstarren die Hohlräume sich finden werden. Auch für die Dichtigkeit und Reinheit der Flantschen ist bei dieser Form die beruhigendste Gewähr gegeben.

Manche Giessereivorsteher aber vermeiden gern soviel als irgend möglich ein beträchtliches Gewicht des verlorenen Kopfs; denn der Kopf ist Brucheisen, welches zerschlagen und wieder eingeschmolzen werden muss. Bei grossen Abmessungen des Cylinders kann das Gewicht eines verlorenen Kopfs der beschriebenen Form 1000 kg und darüber betragen. Daher findet man nicht selten auch eine Form des verlorenen Kopfes, wie in Fig. 170 angewendet. Er ist an der Wurzel nur so stark wie die Cylinderwand; der vortretende Flantsch des Cylinders liegt frei und ist nur um so viel verstärkt, als für das Abdrehen notwendig ist. Auch dieser Kopf erfüllt seinen Zweck mitunter in befriedigender Weise, besonders, wenn man keinen grossen Wert darauf legt, eine ganz reine Fläche des oberen Flantschs zu bekommen. Denn hier allerdings sammeln sich leicht Unreinigkeiten, welche die Dichtigkeit beeinträchtigen. Ganz so vollkommen, wie bei der zuerst beschriebenen Form des verlorenen Kopfs ist jedoch die

Sicherheit nicht, welcher dieser schwächere Kopf gewährt. Untersucht man den Abguss genauer, so findet man nicht selten da, wo die Abbildung es zeigt, kleinere oder grössere undichte Stellen, deren Ent-

Fig. 169. Fig. 170. Fig. 171.



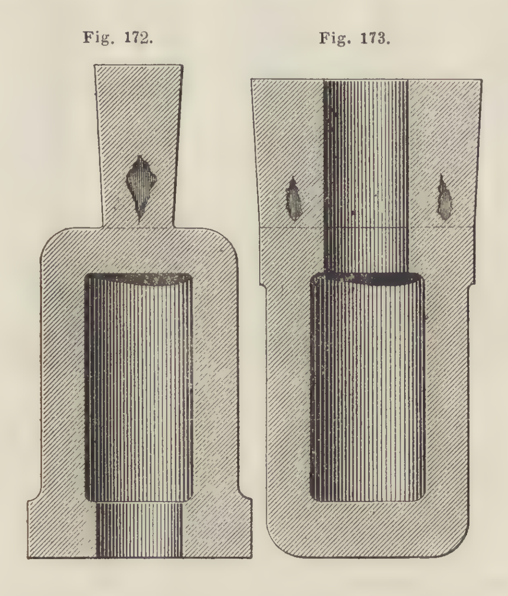
stehungsursache leicht zu ergründen ist. Da, wo der Flantsch seitlich angesetzt ist, findet eine Anhäufung von Metall statt, durch welche die Abkühlung verzögert wird; das eingegossene Metall erstarrt hier später als in dem darüber befindlichen Teile, und es entsteht ein Hohlraum. Es ist dieses der nämliche Grund, weshalb an allen Kreuzungspunkten verschiedener Teile anderer Abgüsse ebenfalls solche Hohlräume sich zu bilden pflegen, bei Rädern an den Stellen, wo die Arme an die Nabe und wo sie an den Kranz angesetzt sind, bei Fenstern in den Kreuzungen der Sprossen u. s. w. Liegen nun bei jenem Cylinder diese Stellen so tief, dass sie beim Abdrehen nicht blossgelegt werden, so bleiben sie ohne Belang; im anderen Falle zeigt sich nach der Bearbeitung eine löcherige obere Fläche. Besonders leicht geschieht dies, wenn der Flantsch verhältnismässig stark ist und man noch für das Abdrehen viel zugegeben hat.

Fehlerhaft würde eine Form des verlorenen Kopfs sein, wie in Fig. 171 dargestellt ist. Former oder Modelltischler, die sich über die eigentliche Wirkung des Kopfes nicht klar sind und mit dieser Form beabsichtigen, das Ansammeln von Unreinigkeiten im Flantsche zu erschweren, ohne einen so starken verlorenen Kopf wie in Fig. 169 anwenden zu müssen, bringen bisweilen einen solchen Kopf an. Durch die Verstärkung des Querschnitts oberhalb des Flantschs bewirkt man, dass hier das Metall länger als in dem Kopfe über dieser Stelle flüssig bleibt; es bildet sich also ein Hohlraum gerade da, wo er vermieden werden soll, und nach der Entfernung des Kopfs wird, wie die Abbildung andeutet, der ganze Flantsch mit Löchern bedeckt erscheinen.

Bei dem Cylinder für eine Wasserdruckpresse Fig. 172 bringt man, wenn er mit dem Boden nach oben, wie in der Abbildung, gegossen wird, einen cylindrischen oder kegelförmigen Kopf am oberen

Ende an. Bei der beträchtlichen Menge Gussmaterials, welche hier angehäuft ist, muss jedoch der Kopf eine beträchtliche Stärke und Höhe erhalten, wenn nicht wegen der langsameren Abkühlung von unten her der entstehende Hohlraum dennoch teilweise in den Abguss hinab sich erstrecken soll. Jedenfalls muss der Durchmesser des Kopfs beträchtlicher als die Wandstärke des Abgusses sein. Grosse Sicherheit für Erlangung eines dichten Abgusses gewährt indessen auch ein solcher

Fig. 172. Fig. 173.



Kopf nicht. Geeigneter, wenn auch in der Ausführung mühsamer, ist der Guss in hängender Lage, wie Fig. 173 zeigt. Der Kopf wird hier ringförmig auf den Cylinder aufgesetzt und muss in Rücksicht auf die Verstärkung der Cylinderwand in dem oberen Teile gleichfalls eine bedeutende Höhe und die nämliche Stärke erhalten wie der Cylinder.

Die Form mancher Gussstücke erschwert erheblich die Anbringung eines seinen Zweck vollständig erfüllenden verlorenen Kopfs. Zu dieser Art von Gusstücken gehören z. B. Walzen für Walzwerke mit angegossenen Zapfen. Hier ist der in der Mitte befindliche Walzenbund dick, die Zapfen dünner; die Folge davon ist, dass das Metall im Walzenbunde später als in den Zapfen erstarrt und dort eine Druse bildet, deren Durchmesser mitunter sehr ansehnlich ist. Man braucht nur die in Fig. 167 auf Seite 318 abgebildete Gussform einer Walze anzusehen, um die Richtigkeit des Gesagten zu verstehen, und der Guss dichter Walzen ist deshalb eine keineswegs leichte Aufgabe der Giesserei. Der auf der erwähnten Gussform angebrachte verlorene Kopf von der Form eines umgekehrten Kegels, dessen unterer Durchmesser mit dem des oberen Walzenzapfens übereinstimmt, vermag nur in beschränktem Masse seiner Aufgabe gerecht zu werden, insofern er die allzu frühe Erstarrung des Zapfens verhütet und zur Aufnahme fremder Körper dient; die Entstehung eines Hohlraums im Walzenbunde wird er vollständig

kaum hindern können. Letzteres würde nun allerdings möglich gewesen sein, wenn man dem oberen Zapfen in der Gussform einen ebenso starken Durchmesser wie dem Walzenbunde gegeben und ihn später durch Abdrehen auf das richtige Mass verringert, auf den Zapfen aber einen ebenso starken und ausreichend hohen verlorenen Kopf gesetzt hätte. Aus zwei Gründen jedoch ist die Anwendung dieses Mittels nicht rätlich. Erstens würde die aufzuwendende Arbeit zum Herausdrehen des Zapfens und der durch Zerspanung dabei entstehende Materialverlust unverhältnismässig gross sein; zweitens würde zwar der Walzenbund dicht werden, der Zapfen aber gar leicht an Festigkeit einbüssen, da das langsamer abkühlende Gusseisen grobkörniger, graphitreicher und deshalb weniger fest auszufallen pflegt. Wollte man nun die Walze in der erwähnten Weise giessen, so würden beim Abdrehen die rascher erstarrten und deshalb festeren äusseren Teile entfernt werden und ein mürber Kern als Zapfen zurückbleiben.

Glücklicherweise pflegt bei allen Walzen der Bund ohnehin so stark zu sein, dass eine mässige Undichtigkeit in der Mitte eine geringere Gefahr für den Bruch bildet, als wenn etwa der Zapfen undicht wäre, und letzterer Uebelstand lässt sich mit einiger Sicherheit durch Anbringung eines entsprechend hohen verlorenen Kopfs verhüten.

Dass bei Hartgusswalzen die rasche Abkühlung des Walzenbundes die Entstehung dichterer Abgüsse erleichtert, folgt aus dem über die Entstehung der Hohlräume Gesagten von selbst.

Damit aber ein verlorener Kopf seine Bestimmung mit möglichster Sicherheit erfülle, ist es nicht allein erforderlich, dieser Bestimmung gemäss seine Form und Abmessungen zu wählen, sondern man muss auch Sorge tragen, dass er nach dem Giessen thunlichst langsam abgekühlt werde, um noch einen Behälter für flüssiges Metall bilden zu können, während der Abguss erstarrt. Man bedeckt ihn also nach dem Giessen mit schlechten Wärmeleitern — Kohlenlösche, Asche und dergleichen — und von Zeit zu Zeit giesst man frisches, recht heisses Metall in den Kopf nach, dessen eingesunkene Oberfläche sehr bald erkennen lässt, dass Schwindung eingetreten und Bedarf an frischem Metall vorhanden ist. Die obere erstarrte Kruste wird zu diesem Zwecke mit einer Eisenstange durchstossen, dann giesst man soviel Metall ein, als der Kopf aufnimmt und schliesst die Oeffnung wieder durch aufgeworfene Lösche. Ein anhaltendes sogenanntes „Pumpen“, d. h. Auf- und Abwärtsbewegen einer Eisenstange in dem Kopfe, um ihn offen zu halten, ist, obgleich vielfach gebräuchlich, weniger empfehlenswert, da durch die kalte Stange das Metall im Kopfe rascher abgekühlt wird. Rätlich dagegen ist es, von Zeit zu Zeit, ehe man das frische Metall nachgiesst, die Stange bis hinunter in die eigentliche Gussform zu stossen, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass die Verbindung zwischen Kopf und Gussform noch offen ist, und sie andernfalls wieder herstellen.

Eine starke Vorwärmung der Gussform des verlorenen Kopfes ist ebenfalls ein gutes Mittel, das Metall im Kopfe länger flüssig zu erhalten und solcherart die Erzielung dichter Güsse zu erleichtern. Die Gussform des Kopfes wird in diesem Falle für sich aus feuerfester Masse gefertigt, in einem Glühofen oder in irgend einer anderen Weise

erhitzt und unmittelbar vor dem Giessen auf die eigentliche Gussform gesetzt.

Einlegen von Gussschalen in die Gussform.

Schwindungshohlräume bilden sich, wie erwähnt, da, wo das Metall am längsten flüssig bleibt, d. h. wo eine Anhäufung von Material stattfindet. Lässt sich in Rücksicht auf die besondere Gestalt des Abgusses ein verlorener Kopf nicht oder nur mit teilweisem Erfolge zur Anwendung bringen, so kann man mitunter durch Einlegen einer eisernen Gussschale an der gefährdeten Stelle und dadurch veranlasste Beschleunigung der Abkühlung des Metalls an dieser Stelle einen dichteren Abguss erzielen. Die Gussschale muss für den Zweck besonders gefertigt werden und der Gussform sich anpassen; soll bei Benutzung grauen Gusseisens als Giessmaterial eine eigentliche Härtung des Abgusses vermieden werden, so muss man ein graphitreiches, manganarmes Gusseisen wählen, welches geringe Neigung zum Weisswerden besitzt.

Das Mittel ist nicht in allen Fällen anwendbar. Mitunter verbietet die Form des Abgusses an und für sich oder die Beschaffenheit des zum Giessen bestimmten Metalls seine Benutzung. Wo indes keine derartigen Hindernisse vorliegen, pflegt es guten Erfolg zu liefern.

Wahl der Eisensorten.

Hiervon ist zum Teile schon im ersten Abschnitte die Rede gewesen, und im sechsten Abschnitte wird der Gegenstand fernere Erörterung finden. Es möge daher betreffs des Gusseisens nur daran erinnert werden, dass stark schwindende (gewöhnlich manganreiche) Gusseisensorten schwierig dichte Güsse liefern, da ihre Neigung, Hohlräume zu bilden, zu „lungern“, mit dem Schwindmasse zunimmt; dass sehr kohlenstoffreiches Eisen leicht Garschaum absondert und solcherart die Erzielung dichter Güsse erschwert; dass, sofern man die Bezeichnung „Dichtigkeit“ auch auf die mehr oder minder feinkörnige Beschaffenheit des Gefüges beziehen will, das an Kohle und Silicium ärmere Gusseisen auch das feinkörnigere Gefüge zu besitzen pflegt und dass aus diesem Grunde in Eisengiessereien ein an jenen Stoffen um so ärmeres Eisen verwendet werden muss, je dicker die Querschnitte des Abgusses sind, je langsamer die Abkühlung vor sich geht und je grobkörniger, graphitreicher demnach das Gusseisen wird.

Bei Benutzung von schmiedbarem Eisen erschwert, wie früher schon hervorgehoben wurde, sowohl dessen stärkere Schwindung im Vergleiche zu der des Gusseisens als auch seine stärkere Neigung, Gase im flüssigen Zustande und während des Erstarrens zu entwickeln, die Erzielung dichter Abgüsse. Je kohlenstoffärmer das Eisen ist, desto deutlicher treten jene nachteiligen Eigenschaften hervor; durch Zusatz gewisser Mengen Mangan, Silicium, Aluminium lassen sie sich abmindern.

Die Art des Giessens.

Von den Arbeiten des Giessens und den dabei angewendeten Kunstgriffen zur Erzielung brauchbarer Abgüsse wird im nächsten Abschnitte

ausführlicher die Rede sein. Es sei deshalb hier nur erwähnt, dass fremde, auf dem Metalle schwimmende Körper (Schlacke, Kohlenstückchen, Wanzen u. a. m.), wenn sie in die Gussform geraten, die Dichtigkeit des Abgusses beeinträchtigen können und deshalb soviel als irgend thunlich vor dem Giessen entfernt, beim Giessen zurückgehalten werden müssen; dass ihr Eintreten in die eigentliche Gussform, selbst wenn sie von dem Metalle mitgerissen sein sollten, erschwert wird, wenn man so rasch giesst, dass der Einguss stets bis zum Rande gefüllt bleibt und jene spezifisch leichteren Körper hier an der Oberfläche zurückgehalten werden; und dass ein rasches Giessen, sofern nicht die Gussform dadurch Beschädigungen ausgesetzt ist, auch insofern die Reinheit des Gusses befördert, als beim Giessen selbst weniger reichliche Oxydationsgebilde an der Oberfläche entstehen.

VI. Die Fertigstellung der Gussformen zum Giessen.

In dem Vorstehenden wurde die Herstellung der Gussformen bis zu dem Zeitpunkte besprochen, wo sie in ihrer Form vollendet sind. Zur Aufnahme des flüssigen Metalls aber würden nur die wenigsten der beschriebenen Gussformen ohne weiteres geeignet sein; sie würden, sofern sie aus mehreren Teilen bestehen, durch den Druck des eingegossenen Metalls auseinander getrieben werden, und aus den entstehenden Fugen würde das noch flüssige Metall wieder austreten. Der Vorgang lässt mitunter in den Giessereien sich beobachten, wenn die Gussformen nicht gehörig dagegen verwahrt worden waren.

Der vom flüssigen Metalle ausgeübte Druck wächst mit der Höhe der Metallsäule im Eingusse oberhalb der Form und mit der Oberfläche der letzteren. Unabhängig ist dagegen dieser Druck von dem Querschnitte der Eingüsse, wie sich aus den Lehrsätzen der Hydrostatik unschwer ableiten lässt. Das im Eingusse stehende flüssige Metall drückt gemäss seiner Höhe auf das in der Form befindliche; wie bei allen Flüssigkeiten pflanzt sich der ausgeübte Druck gleichmässig nach allen Richtungen hin fort und ist auf der Flächeneinheit innerhalb derselben Höhenlage der nämliche; je grösser die Gesamtoberfläche der Gussform ist, desto grösser ist auch der auf ihre Wände ausgeübte Gesamtdruck.

Bezeichnet man mit h die Höhe des Eingusses über einer bestimmten Stelle der Gussform in Centimetern, mit g das Gewicht eines Kubikcentimeters des Metalls (beim Eisen 0,00725 kg), so ist der an dieser Stelle der Gussform von dem Eingusse auf jeden Quadratcentimeter der Wandfläche der Gussform ausgeübte Druck:

$$D = h g = 0{,}00725 \, h.$$

Dieser Druck strebt, die Gussform auseinander zu treiben. Bei offenen Herdgussformen ist er unbedeutend, da der Einguss hier ausser Betracht kommt, und nur das Metall in der Gussform selbst auf die unteren Schichten des Abgusses einen nicht erheblichen Druck auszu-

üben vermag. Daher genügt der Herdsand allein, das Treiben des Gusses zu verhindern; aber gerade wegen dieses fehlenden Drucks fallen die Abgüsse im offenen Herde niemals so scharf aus, wie die Abgüsse in geschlossenen Formen, auf welchen Umstand schon früher aufmerksam gemacht wurde.

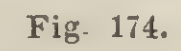
Beim Kastengusse wird ein Teil des Druckes von den Wänden des Formkastens aufgenommen und, sofern diese kräftig genug sind, unschädlich gemacht; dagegen müssen Vorkehrungen getroffen werden, dass die Fugen zwischen den aufeinander schliessenden Formkastenteilen durch den Druck nicht erweitert werden und das Metall hindurchlassen. Ist z. B. in einem gewöhnlichen zweiteiligen Formkasten mit Ober- und Unterkasten eine Gussform eingeschlossen, so strebt die Flüssigkeitssäule des Eingusses, sobald die Gussform gefüllt ist, den Oberkasten emporzudrücken und dem eingeschlossenen Metalle Auslass zu verschaffen. Dieser Auftrieb kann bei Abgüssen mit grosser Oberfläche recht beträchtlich werden. Giesst man in einem zweiteiligen Formkasten in wagerechter Lage eine Platte von 300 cm Länge, 200 cm Breite und gibt man den an verschiedenen Stellen der Gussform angebrachten Eingüssen eine Höhe von je 20 cm, entsprechend der Höhe des benutzten Oberkastens, so üben diese einen Druck aus von $20 \times 0{,}00725 = 0{,}15$ kg auf 1 qcm Oberfläche; die nach oben gerichtete Fläche der Platte aber, welche das Empordrücken des Oberkastens anstrebt, ist $300 \times 200 = 60000$ qcm gross. Hieraus ergibt sich der Gesamtdruck, mit welchem der Oberkasten angehoben wird:

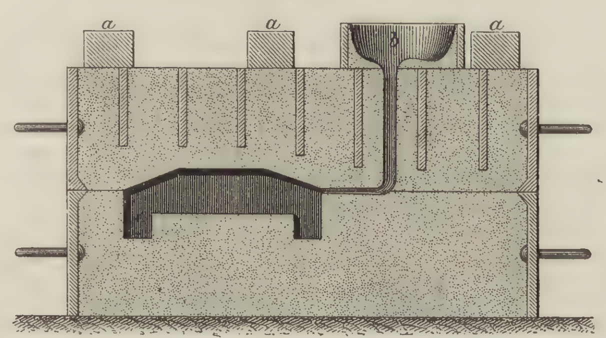
$$60000 \times 0{,}15 = 9000 \text{ kg}.$$

Ein Teil dieses Druckes wird durch das Gewicht der Gussform selbst ausgeglichen; der übrige, bedeutend grössere Teil muss in anderer Weise unschädlich gemacht werden. Zu diesem Zwecke pflegt man die Dübel der grösseren Formkasten mit Schlitzen zu versehen und die Formkastenteile, nachdem die Gussform zusammengesetzt ist, durch Splinte (Keile), welche durch jene Schlitze hindurchgesteckt werden, fest miteinander zu verbinden. Dieses Mittel jedoch besitzt nur einen beschränkten Erfolg; denn es verhindert zwar, dass die Formkastenteile auseinander getrieben, nicht aber, dass das Formmaterial aus dem Formkasten herausgedrückt werde. Ist der Oberkasten mit zahlreichen Zwischenwänden versehen, welche gut befestigt sind, so geben diese schon der Gussform einen gewissen Halt; häufig aber sind sie nur eingeschoben und würden mit dem Formmateriale herausgedrückt werden. Das häufigste Mittel, um beim Kastengusse dem Auftriebe des Metalls Widerstand zu bieten, ist daher eine Beschwerung des oberen Kastens durch aufgelegte Gewichte. Man benutzt dazu Roheisenbarren oder besondere Beschwerungseisen, welche in Stücken von 25 bis 5000 kg und bisweilen darüber vorrätig gehalten werden. Man giesst sie in prismatischer Form aus dem billigsten Roheisen und versieht die grösseren, welche nur mit Hilfe des Krahns bewegt werden können, mit Zapfen an den Enden oder Bügeln an der Oberfläche, an welchen die Krahngehänge anfassen. In Fig. 174 sind a a a solche Beschwerungseisen.

Immerhin dürfen diese Beschwerungseisen, sie mögen gross oder klein sein, ihre Auflage nur auf dem Rande der Formkasten erhalten,

damit nicht die Gussform selbst durch sie eingedrückt werde. Gewähren sie in dieser Lage noch nicht den genügenden Schutz, bleibt z. B. die Mitte der Gussform frei, dem Empordrücken ausgesetzt, so hilft man sich, indem man lange eiserne oder hölzerne Balken quer über die Gussform hinüberlegt und an den Enden durch aufgelegte Gewichte oder in anderer Weise festhält, u. s. w. Ein erfahrener Giesser wird hier bald das richtigste Mittel herausfinden, nur empfiehlt es sich bei grossen Abgüssen, wo der ausgeübte Druck beträchtlich und der Nachteil beim Misslingen des Gusses empfindlich ist, die Grösse des Drucks zuvor zu ermitteln, um demgemäss die erforderlichen Massregeln treffen zu können. Den Weg hierfür zeigt die oben gegebene Formel.


Fig. 174.



Weniger als Sandgussformen sind die festeren Massegussformen dem Heraustreiben aus dem Formkasten unterworfen, zumal wenn dieser, wie hierbei üblich, mit eingeschraubten Zwischenwänden versehen ist. Dieser Umstand gewährt die Möglichkeit, derartige Gussformen (für Dampfcylinder, Walzen und dergleichen) stehend zu giessen, ohne dass sehr umständliche Vorrichtungen zu ihrem Schutze erforderlich wären. Man verkeilt die Formkastenteile gut untereinander, schliesst die Gussform zwischen zwei starke Bretter ein, welche durch eiserne U-förmige Klammern mit Holzkeilen zusammengehalten werden, legt wohl bei sehr grossen Gussformen noch ein oder zwei Paar eiserne Querbalken, die man durch Bügel und Keile verbindet, hinter die Bretter und richtet dann das Ganze auf.

Freie Gussformen (aus Lehm) lassen sich durch Beschwerung nicht vor dem Auseinandertreiben schützen, teils weil sie durch aufgelegte Gewichte zerdrückt werden würden, hauptsächlich auch, weil ihre äussere Form nicht die Anwendung dieses Mittels gestattet. Hier tritt nun die Dammgrube als Schutz jener Gussformen in den Vordergrund und erfüllt dabei ihren eigentlichen Zweck. Man gräbt den Sand, mit dem sie gefüllt ist, so tief aus, als der Höhe der abzugiessenden Gussformen entspricht, stellt diese hinein — sofern ihre Anfertigung und Trocknung nicht schon von vornherein in der Dammgrube bewirkt wurde — und umstampft sie ringsum gleichmässig mit durchlässigem Dammgrubensande. Die Arbeit ist, besonders bei sehr hohen

Gussformen, ziemlich zeitraubend und verteuert nicht unerheblich die Herstellungskosten des Abgusses, ist aber unumgänglich und gewährt grosse Sicherheit. Wo viele solche Arbeiten ausgeführt werden, empfiehlt sich sehr die Anlage mehrerer Dammgruben von verschiedenem Durchmesser, da die Arbeit des Eingrabens und Umstampfens um so mehr Zeitaufwand erfordert, je grösser der Unterschied in den Durchmessern der Gussform und der Dammgrube ist.

Eine andere, vorzugsweise bei grösseren Gussformen übliche Vorbereitung zum Gusse, welche noch vor der Beschwerung der Kasten vorgenommen zu werden pflegt, ist die Anbringung eines Aufsatzes auf die obere Mündung des Eingusses, teils zu dem Zwecke, durch die Erhöhung des letzteren eine verstärkte Druckwirkung des flüssigen Metalls hervorzurufen, hauptsächlich auch, um an dieser Stelle eine sumpfartige Erweiterung des Eingusses herzustellen, welche beim Giessen zuerst das flüssige Metall aufnimmt, gewissermassen einen Behälter für dasselbe bildend, und hierdurch sehr die Regelmässigkeit des Einströmens befördert. Noch einen anderen Nutzen kann diese Einrichtung gewähren. Unreinigkeiten, welche auf dem Metalle schwimmen, bleiben in dem grösseren Sumpfe, in welchem das flüssige Metall nur langsam sich fortbewegt, leichter zurück, und der Guss fällt reiner aus, als wenn das Metall durch einen engen Trichter mit grosser Geschwindigkeit in den Einguss hinunterstürzt. Man steckt, damit nicht Sand in den Einguss falle, einen Holzpfropf hinein, setzt einen gusseisernen Rahmen, gewöhnlich einen kleineren Formkasten, auf die Gussform um die Mündung des Eingusses herum und kleidet ihn aus freier Hand derartig mit Formsand aus, dass nun jener sumpfartige Behälter entsteht. Häufig gibt man ihm im Grundrisse eine gestreckte Form, so dass man das Metall seitlich oberhalb des Eingusses in den Sumpf eingiessen kann. Der Fassungsraum des Sumpfes wird hierdurch vergrössert und die Erfüllung seiner Aufgabe, zur Absonderung von Fremdkörpern beizutragen, erleichtert[1]). In der oben gegebenen Abbildung Fig. 174 stellt b einen solchen Aufsatz mit Sumpf dar.

---

[1]) Um diese Wirkung des Sumpfs fernerhin zu verstärken, bringt Rob. Schneider in Düsseldorf in dem aus Schamotte gebildeten Kasten Querwände an, welche nicht ganz bis zum Boden hinabreichen und unter denen das Metall hindurchzuströmen gezwungen ist, bevor es zum Eingusse gelangt (Stahl und Eisen 1887, Seite 171).

Fünfter Abschnitt.

Das Giessen und die sich anschliessenden Arbeiten.

I. Das Giessen.

Die Fortbewegung des im Schmelzofen angesammelten flüssigen Metalls nach dem Orte seiner Bestimmung, der Gussform, kann in zweierlei Weise geschehen: entweder, indem man es in geregeltem Strome dorthin abfliessen lässt, also den Scheitel der Gussform tiefer legt als das Stichloch des Ofens und beide durch eine Leitung (Gosse) mit Vorrichtung zur Regelung der Stromstärke verbindet; oder, indem man das Metall in einem tragbaren Behälter, einer Giesspfanne, auffängt, um es in diesem an den Ort seiner Bestimmung zu bringen. Hat man in Tiegeln geschmolzen, so werden diese auch für die Beförderung des Metalls benutzt und ersetzen demnach die Giesspfanne.

Das zuerst erwähnte Verfahren, welches überhaupt nur für die Bewegung geschmolzenen Gusseisens gebräuchlich ist, da Stahl in den Leitungsrinnen zu rasch erstarren würde, macht es erforderlich, dass der abzugiessende Gegenstand vertieft — also in der Dammgrube — aufgestellt und eingegraben sei, und ist durch die Anlage der für jeden Guss zu erneuernden Leitung ziemlich umständlich. Man benutzt es daher auch in Eisengiessereien nur zum Abgiessen sehr schwerer Stücke, welche ohnehin in die Dammgrube eingegraben werden müssen, und für welche eine ausreichend grosse Giesspfanne nicht zur Verfügung steht. Giesspfannen dagegen lassen sich für alle Güsse von den kleinsten bis zu den schwersten benutzen, erfordern, wo sie einmal vorhanden sind, keiner ausgedehnten Zurüstungen und ermöglichen, sofern sie entsprechend eingerichtet sind, eine Regelung des Stroms in vollkommener Weise. Ihre Benutzung bildet daher die Regel, die Benutzung jener Leitungen, welche man Gossen nennt, die Ausnahme. In Giessereien, welche häufig schwere Abgüsse zu fertigen haben, versieht man sich deshalb von vornherein mit ausreichend grossen Giesspfannen und ausreichend starken Krahnen zu deren Heben und Fortbewegen, um der Gossen entbehren zu können.

I. Die Gossen und Sümpfe.

Gossen lassen sich in verschiedener Weise herstellen. Liegt das Stichloch des Ofens nicht sehr hoch über der Hüttensohle, z. B. bei Hochöfen, die zum unmittelbaren Gusse benutzt werden, so pflegt man von dem Stichloche bis zur Eingussmündung der Gussform Kohlenlösche oder Herdsand aufzuschütten, die Rinne oder Gosse aus freier Hand darin auszuarbeiten und mit Formsand auszukleiden. Liegt das Stichloch höher — bei Kupolöfen und Flammöfen — so benutzt man hölzerne oder eiserne Rinnen, welche an der Innenseite mit Lehm oder Masse in entsprechender Stärke ausgekleidet sind und eine vor die andere gelegt werden. Untergestellte Holzböcke oder Holzstücke, Ziegelsteine oder dergleichen dienen zum Tragen der Rinnen. Oder man legt Eisenplatten, falls solche vorhanden sind, von dem Stichloche nach dem Eingusse, unterstützt sie ebenso wie jene Rinnen, bringt als seitliche Begrenzung der Gosse Roheisengänze darauf und kleidet dann die so gebildete Rinne mit Formsand aus; u. s. f.

Zur Regelung des Stroms wird in die Leitung in der Nähe der Gussform ein Sumpf eingeschaltet, d. h. ein Behälter zur Aufnahme einer grösseren Menge Metall, mit einer einfachen Vorrichtung versehen, welche es ermöglicht, den Abfluss des Metalls nach der Gussform hin entweder ganz abzusperren oder in beliebiger Stärke vor sich gehen zu lassen. Der Sumpf hat runde oder längliche Grundform und eine Tiefe von 20 bis 30 cm, während die Längen- und Breitenabmessungen sich nach der Menge des anzusammelnden Metalls richten. Die Herstellung geschieht in einfacher Weise durch Aufschütten von Herdsand, Ausarbeiten der Höhlung mit der Hand und Auskleiden mit Formsand. Gewöhnlich gibt man dem Sumpfe, damit die Wände nicht durch das Metall verschoben, auseinandergedrückt werden, eine Umkleidung, die man aus Roheisenbarren, Beschwerungseisen oder sonstigen schweren Gegenständen herstellen kann. Beim Gusse aus dem Hochofen, wo der Sumpf öfter benutzt zu werden pflegt, legt man gewöhnlich unmittelbar vor dem Hochofen einen durch starke Eisenbalken umkleideten Sumpf an, welcher unverändert an seiner Stelle bleibt und der Leisten genannt wird.

Die Sohle des Sumpfs ist etwas abschüssig, das Metall tritt an der höchsten Stelle ein und an der tiefsten Stelle aus. Die Auslassöffnung hat die Form eines nicht allzu breiten Spalts, welcher an der Innenseite durch einen senkrecht beweglichen Schieber — den Schütz — geschlossen werden kann. Damit diese Vorrichtung ihren Zweck erfüllen könne, ist eine sorgfältige Herstellung der Wände des Sumpfs an dieser Stelle erforderlich. Man mauert sie in der Nähe der Auslassöffnung aus feuerfesten Ziegeln oder legt hier besondere Gussstücke ein, welche die Oeffnung begrenzen, durch eingerammte Pflöcke festgehalten werden und mit Lehm überkleidet sind. Der Schütz besteht aus einer starken Gusseisenplatte, 15 bis 20 cm breiter als der zu schliessende Spalt, mit einer nach oben gerichteten angegossenen oder angenieteten Stange versehen, an welche ein wagerechter einarmiger Hebel greift, mit dessen Hilfe das Heben und Senken des Schützes durch einen seit-

lich stehenden Arbeiter bewirkt wird. Der Drehungspunkt des Hebels liegt in einer jenseits des Schützes in den Boden eingerammten Eisenstange. Vor der Benutzung wird auch der Schütz mit einer Lehmbekleidung versehen, damit er nicht vom flüssigen Metalle angegriffen werde. Der Druck des im Sumpfe sich sammelnden Metalls gegen den Schütz genügt, ihn so fest gegen die Innenwand des Sumpfs zu drücken, dass eine besondere Dichtungsvorrichtung nicht erforderlich ist, zumal, da beim Beginne des Einlassens des Metalls in den Sumpf der Schütz geschlossen ist, und man daher Musse hatte, die Fugen von innen her durch Andrücken von Formsand zu schliessen. Ist er einmal geöffnet, so ist auch ein dichter Abschluss nicht mehr erforderlich, sondern es kommt nur noch darauf an, durch Heben oder Senken des Schützes den nunmehr ununterbrochen stattfindenden Abfluss des Metalls aus dem Sumpfe nach der Gussform zu beschleunigen oder zu verlangsamen.

2. Die Giesspfannen und Kellen.

Ihre Einrichtung ist verschieden, je nachdem Gusseisen oder Stahl (Flusseisen) vergossen werden soll.

Gusseisen erstarrt weniger leicht und wird durch die Berührung mit der Luft weniger beeinflusst. Oxyde, welche unter der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs auf der Oberfläche des geschmolzenen Metalls entstehen, lassen sich noch im Augenblicke des Ausgiessens durch Abstreichen entfernen. Man kann demnach kleine oder grosse Giesspfannen benutzen, deren Inhalt dem Gewichte des einzelnen zu fertigenden Gussstücks entspricht, und ihre Entleerung durch Kippen bewirken.

Stahl dagegen giesst man in der Regel aus grossen Pfannen, aus denen das Metall in die verschiedenen Gussformen verteilt wird. In kleinen Pfannen würde der Stahl leicht zu sehr abgekühlt werden. Die Entleerung der grossen Stahlpfannen in verschiedene Gussformen aber pflegt geraume Zeit zu erfordern. Wollte man die Entleerung, wie bei den Pfannen der Eisengiessereien, durch Kippen bewirken, so müsste zunächst die obenauf schwimmende, das Metall vor Abkühlung schützende Schlacke entfernt werden; an der Oberfläche und an der Stelle, wo der Stahl über den Rand der Pfanne austritt, würde sich eine rasch wachsende Kruste erstarrten Metalls bilden, und ein geregeltes Giessen würde dadurch erschwert werden. Man entleert deshalb solche grosse Stahlpfannen durch eine Oeffnung im Boden, welche durch einen Stopfen, wie unten ausführlicher beschrieben ist, verschlossen werden kann.

In allen Fällen bestehen die Giesspfannen aus topf- oder kellenartigen Gefässen, welche aus Schmiedeeisen, ausnahmsweise (bei kleineren Abmessungen) auch wohl aus Gusseisen gefertigt werden. Vor der Benutzung erhalten sie, damit das flüssige Eisen nicht mit der Giesspfanne zusammenschmelze; auch damit die Abkühlung des flüssigen Metalls verringert werde, einen schützenden Ueberzug aus Lehm oder feuerfester Masse. Für die kleinsten Geräte dieser Art, die Kellen oder Handpfannen, genügt ein einmaliges Hindurchziehen durch Thon- oder Lehmwasser; grössere Pfannen dagegen müssen mit einer Schicht von 2 bis 5 cm Stärke ausgekleidet werden, indem man die Masse ringsherum mit

den Händen feststreicht und dann vorsichtig trocknet. Diese Arbeit ist nicht ohne Wichtigkeit. Ist der Ueberzug zu dünn, oder haftet er nicht fest genug an den Wänden und löst sich, während die Pfanne gefüllt ist, ab, so wird die letztere glühend, bekommt wohl gar lecke Stellen, und das Metall läuft aus, ehe es möglich war, den Guss zu beenden. Man hat alsdann nicht allein den Verlust des Metalls und unter Umständen das Misslingen des Abgusses — sofern der Guss bereits begonnen hatte — zu beklagen, sondern es entsteht auch die Gefahr für Verletzung der an der Pfanne beschäftigten Arbeiter durch Verbrennung. War die Pfanne nicht genügend getrocknet, oder war die Lehmbekleidung nicht durchlässig genug, so entweichen Wasserdämpfe durch das flüssige Metall hindurch, versetzen dieses in kochende Bewegung, schleudern bei heftigerer Entwickelung wohl gar Metall aus der Pfanne heraus und kühlen in jedem Falle durch die reichliche Bindung von Wärme das in der Pfanne befindliche Metall ab. Je dicker die Bekleidung ist, desto schwieriger trocknet sie aus; grosse Pfannen, welche stärkere Ueberzüge verlangen, versieht man deshalb wohl mit durchgebohrten kleinen Löchern, durch welche die sich noch entwickelnden Wasserdämpfe nach aussen entweichen können, und die grössten Pfannen für Stahl werden mit feuerfesten Ziegeln ausgemauert.

Eine frisch ausgekleidete Giesspfanne ist für mehrere Güsse benutzbar, muss aber, wenn sie abgekühlt ist, nachgesehen, ausgebessert und, wenn erforderlich, mit neuem Ueberzuge versehen werden. Denn in den Pfannen bleiben Krusten erstarrten Eisens zurück, Pfannenschalen genannt, welche mehr und mehr anwachsen und gewöhnlich nicht ohne Beschädigung der Auskleidung zu entfernen sind. Das tägliche Trocknen der ausgebesserten oder neu ausgestrichenen Pfannen, sowie auch das vor dem Giessen stets erforderliche Anwärmen der Giesspfannen erheischt, wenn man besondere Feuerungen dafür anwendet, eine Ausgabe für Brennstoff, und man sucht deshalb soviel als möglich die Abhitze von anderen Vorgängen dafür zu verwenden. Bei Hochöfen, welche für unmittelbaren Guss arbeiten, bilden die abgeworfenen Schlacken einen geeigneten Heizstoff für jenen Zweck; in Kupolofengiessereien, welche den ganzen Tag hindurch giessen, benutzt man soviel als thunlich heisse Gussstücke zum Trocknen der Pfannen; gewöhnlich aber wird man doch sich entschliessen müssen, auch wenn nebenbei diese Mittel benutzt werden, einen besonderen Aufwand für Brennstoff zum Pfannentrocknen zu bewilligen. Die Einrichtungen hierfür müssen sich nach der Beschaffenheit des zur Verwendung stehenden Brennstoffs richten. Hat man billiges Holz, z. B. Abfälle aus dem Zimmerschuppen, unbrauchbar gewordenes Bauholz oder auch leicht brennbaren Torf zur Verfügung, so pflegt man grössere Pfannen für Eisenguss ohne weitere Vorkehrung zu trocknen und anzuwärmen, indem man in ihrem Innern ein Feuer unterhält; will man Koks verwenden, so legt man ausserhalb der Giesshalle eine niedrige, oben offene Rostfeuerung an, legt einzelne Eisenstäbe quer über das Feuer und stellt die Pfannen mit der offenen Seite nach unten darüber; hat man Heizgas zur Verfügung, so lässt sich auch dieses mit Vorteil benutzen, indem man es, ähnlich wie beim Trocknen von Röhrengussformen, aus Brennern ausströmen lässt, entzündet und über jede Flamme eine Giess-

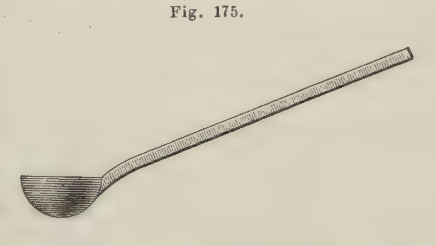
pfanne stellt. Stahlgusspfannen erheischen, damit eine starke Abkühlung des flüssigen Metalls vermieden werde, eine noch stärkere Vorwärmung als Pfannen für Gusseisen.

Die Nietköpfe der aus Eisenblech gefertigten Giesspfannen lässt man an der Innenseite der Pfannen versenken, damit sie der Auskleidung nicht hinderlich sind.

Gemäss der Form und Grösse der verschiedenen Giesspfannen kann man folgende Arten unterscheiden.

Handpfannen oder Kellen. Sie haben halbkugelförmige Gestalt mit einem schräg nach aufwärts gerichteten Stiele, mit dessen Hilfe sie getragen und entleert werden. Gewöhnlich werden sie geschmiedet; in einzelnen Giessereien fertigt man die eigentliche Kelle aus Gusseisen und giesst sie in einer eisernen Form um den hineingesteckten schmiedeeisernen Stiel herum. Sie sind jedoch weniger haltbar als die schmiedeeisernen und geben dadurch eher zu Unglücksfällen Veranlassung. Die Abbildung Fig. 175 zeigt eine solche Giesskelle aus Schmiedeeisen. Den Stiel schmiedet man bisweilen am oberen Ende zu einer Röhre aus, in welche ein kurzer Holzstiel gesteckt wird, um das Anfassen zu erleichtern. Die Grösse dieser Handpfannen wird für einen Inhalt von 10 bis 15 kg Gusseisen berechnet. Der Arbeiter trägt und entleert die Pfanne, indem er mit der einen, durch einen Lederhandschuh oder ein umgewickeltes Tuch geschützten Hand am ausgestreckten Arme den Stiel unten, mit der anderen Hand am eingebogenen Arme oben erfasst, wodurch eine sichere Handhabung ermöglicht ist. Beim Oeffnen des Stichlochs tritt ein Arbeiter nach dem anderen mit der Pfanne vor und lässt das Eisen hineinlaufen.

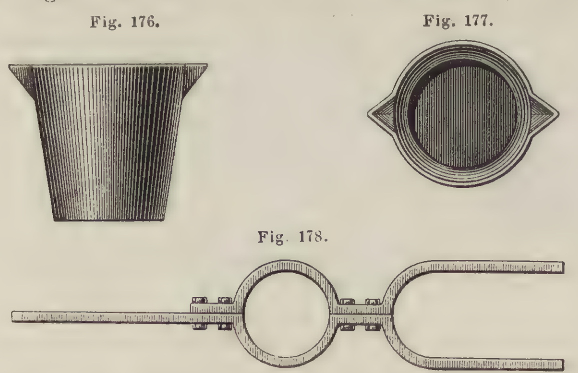
Fig. 175.



Gabelpfannen. Der Name dieser Pfannengattung rührt von dem zum Tragen und Entleeren benutzten Geräte her, welches Gabel genannt wird. Die Abbildungen Fig. 176 und 177 zeigen eine derartige Pfanne, während Fig. 178 eine zugehörige Gabel darstellt.

Fig. 176. Fig. 177.

Fig. 178.

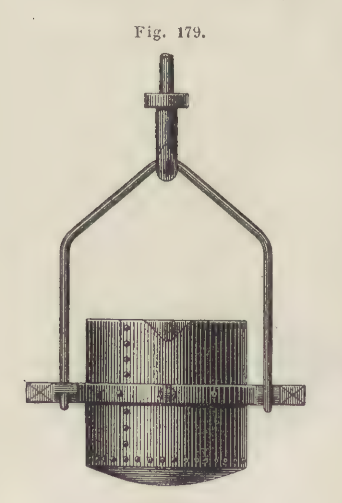


Die Gestalt der Pfanne ist gewöhnlich der eines Eimers ähnlich, seltener halbkugelförmig. An dem oberen Rande befinden sich eine oder auch zwei gegenüberliegende Tüllen (Schnauzen), durch welche das Ausgiessen stattfindet. Man benutzt Gusseisen oder Eisenblech zur Anfertigung dieser Pfannen. Bei Blechpfannen muss die Tülle aus einem besonderen Stücke gefertigt und angenietet, nicht etwa durch Ausbiegen des Randes hergestellt werden. In letzterem Falle würde die Spitze der Tülle tiefer zu liegen kommen als der Rand der Pfanne, und ebensoviel würde am nutzbaren Pfanneninhalte verloren gehen. Der Inhalt dieser Pfannen beträgt 20 bis 100 kg Gusseisen.

Die Gabel (auch wohl der Bügel genannt) wird aus zwei Eisenschienen geschmiedet und verschraubt oder vernietet. Man benutzt Flacheisenstäbe, deren Kanten an den Handhaben abgerundet werden. Der Durchmesser des inneren Ringes muss so bemessen sein, dass die hineingehängte Pfanne, deren Durchmesser in jedem Falle sich nach unten etwas verjüngen muss, bis etwas über die Mitte ihrer Höhe einsinkt, so dass sie bequem darin getragen und durch Kippen entleert werden kann, ohne dass ein Herausfallen aus der Gabel zu befürchten wäre. Zum Tragen der Pfannen dienen mindestens zwei, für grössere Pfannen vier bis sechs Arbeiter, welche an den Stielen angreifen.

Krahnpfannen. Man benutzt diese Pfannen, wenn grössere Mengen Metall als 100 kg mit Hilfe des Krahns bewegt werden sollen. Ihre Form ist gewöhnlich cylindrisch, häufig mit gewölbtem Boden und stets mit einer oder zwei Tüllen zum Ausgiessen. Man fertigt sie aus Kesselblech; für kleinere Pfannen genügt Blech von 4 bis 5 mm Stärke, für grössere nimmt man 7 bis 10 mm starke Bleche. An beiden Seiten sind die Krahnpfannen mit schmiedeeisernen Zapfen versehen, mit denen sie, wie Fig. 179 zeigt, in einen besonders dafür gefertigten, vom Krahn getragenen Bügel gehängt werden. Die Zapfen werden bei kleineren Pfannen mitunter vermittelst angeschmiedeter Laschen an die Pfanne angenietet; besser ist es, sie an einen aus zwei Hälften bestehenden Ring aus starkem Flacheisen anzuschmieden, den man um den Bauch der Pfanne legt, verschraubt und durch einige Nieten befestigt (vergl. die genannte Abbildung). Dadurch erhält auch die Pfanne eine grössere Steifigkeit gegen das Ausbauchen. Ist die Pfanne gross, so sichert man sie ausserdem wohl, wie es z. B. bei der in Fig. 181 abgebildeten Pfanne geschehen ist, vor dem Hindurchfallen durch zwei kreuzförmig über den Boden der Pfanne gelegte Flacheisenbänder, deren Enden hinter dem Zapfenringe hinaufgehen und hier über dessen oberen Rand umgebogen sind.

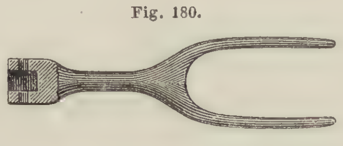
Fig. 179.



Ein gewölbter Boden erhöht die Festigkeit, hat aber die Unannehmlichkeit, dass die Pfanne auf ebenem Boden nicht sicher steht und in Sand eingegraben werden muss.

Zur Ermöglichung des Kippens der Pfanne sind ihre beiden Zapfen nach ausserhalb mit einem vierkantig geschmiedeten Ansatze versehen, über welche je eine entsprechende Hülse mit gabelförmiger Handhabe (Fig. 180) geschoben wird. Durch den Zapfen und durch die Hülse geht ein senkrechter Schlitz zum Hindurchstecken eines Keils, welcher die übergeschobene Hülse festhält.

Fig. 180.

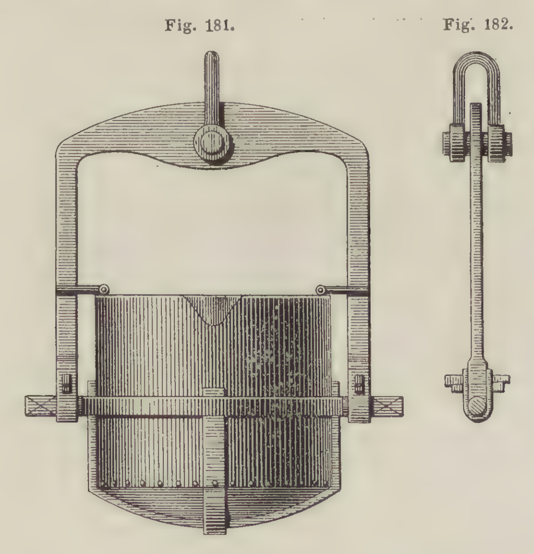


Um ein selbstthätiges Umschlagen der an dem Krahnbügel hängenden Pfanne während des Fortbewegens unmöglich zu machen, kann man die in Fig. 181 erkennbare einfache Sicherheitsvorrichtung anbringen. An einer oder an beiden Seiten der Pfanne ist ein kleiner gabelförmiger Ueberwurf mit Gelenk angenietet, welcher in aufgeklappter Stellung über den Bügel greift und hierdurch die Pfanne festhält. Soll gekippt werden, so wird der Ueberwurf zurückgeklappt, und die Pfanne ist frei.

Den Bügel zum Heben der Pfanne schmiedet man bei kleineren Pfannen aus einem Stück Rundeisen, dessen Enden, wie in Fig. 179 erkennbar ist, hakenförmig umgebogen sind, so dass die Zapfen der Pfanne sich bequem von oben hineinlegen lassen. Um das Herausfallen der Pfanne beim Kippen zu erschweren, lässt man den einen Haken von vorn, den anderen von hinten über den betreffenden Zapfen herumgreifen.

Für schwere Pfannen dagegen schmiedet man den Bügel aus starkem Flacheisen, wie bei der Pfanne Fig. 181, und gibt ihm, um die

Fig. 181. Fig. 182.



Pfanne sicherer vor dem Herausfallen zu schützen, statt der umgebogenen Enden zwei Schlösser mit Keilverschluss (Fig. 182). Die er-

forderlichen Abmessungen des Bügels, damit nicht eine Gefahr für den Bruch entstehe, kann man in folgender Weise berechnen.

Ist P das Gewicht der Pfanne samt ihrem grössten Inhalte in Kilogrammen, a die Breite, b die Stärke jedes der beiden senkrechten Arme in Centimetern, so nehme man $a\,b = \frac{P}{600}$ qcm.

Ist ferner l der Abstand der beiden senkrechten Arme von Mitte zu Mitte gemessen in Metern, c die Höhe, d die Stärke des Querhaupts in Centimetern, so hat man für den gefährlichen Querschnitt in der Mitte:

$$P = 4{,}5\,\frac{c^2\,d}{l}\ \text{kg, also}$$

$$c^2\,d = \frac{P\,l}{4{,}5}\ \text{qcm.}$$

Den Zapfendurchmesser kann man nach der Formel berechnen

$$D = 0{,}1\sqrt{P}.$$

Die Länge des Zapfens (ausschl. des Vierkants) kann 1 bis 1,5 D betragen.

Beispiel. Eine Pfanne wiege samt ihrem Inhalte 12000 kg, und der Abstand von Mitte zu Mitte der Zapfen betrage 1,5 m. Man berechnet zunächst die Abmessungen der beiden Zapfen und erhält den Durchmesser nach der Formel $0{,}1\sqrt{P} = 0{,}1\sqrt{12000} = 11$ cm; die Länge kann hier, da der Durchmesser schon ziemlich beträchtlich ist, gleich dem Durchmesser, also ebenfalls $= 11$ cm genommen werden. Die Breite des Flacheisens (in der Zapfenrichtung gemessen) kann man $^1/_2$ cm geringer als die Länge der Zapfen, also $= 10{,}5$ cm nehmen; man erhält alsdann für die Stärke dieses Eisens (in den senkrechten Armen) $b = \frac{12000}{600 \cdot 10{,}5} = 2$ cm. Macht man das obere Querhaupt 3 cm stark, so erhält man für dessen Höhe in der Mitte $c = \sqrt{\frac{12000 \cdot 1{,}5}{4{,}5 \cdot 3}} = 36{,}5$ cm.

An der Stelle, wo das Querhaupt zur Anbringung des Aufhängebügels durchbohrt wird, verstärkt man es in entsprechender Weise und berechnet die Zapfenstärke an dieser Stelle ähnlich wie für die Zapfen der Giesspfanne, doch genügt, da sie erheblich kürzer sind, eine etwas geringere Stärke, $d = 0{,}07\sqrt{P} = 0{,}07\sqrt{12000} = 7{,}5$ cm. Für die Stärke des oberen Bügels kann man $\delta = 0{,}04\sqrt{P} = 0{,}04\sqrt{12000} = 4{,}5$ cm nehmen.

Für die Zweckmässigkeit einer grossen Pfanne ist es nicht gleichgültig, welches Verhältnis zwischen Höhe und Durchmesser man wählt. Gibt man der Pfanne eine sehr flache Form, also einen grossen Durchmesser bei verhältnismässig geringer Höhe, so vergrössert man die Oberfläche, und das flüssige Eisen wird rascher abgekühlt; macht man die Pfanne sehr tief, so verändert sich während des Giessens die Lage des Schwerpunkts in stärkerem Masse als bei einer flachen, und das Giessen wird erschwert. Um den zuletzt erwähnten Vorgang richtig zu beurteilen, möge man sich vergegenwärtigen, dass das Kippen der Pfanne am leichtesten vor sich geht, wenn die Drehungsachse der Pfanne durch den Schwerpunkt der gefüllten Pfanne geht. Nun ändert sich

aber die Lage dieses Schwerpunkts sofort, sobald die Pfanne in eine schräge Stellung gebracht wird und das Metall auszufliessen beginnt; sie ist ebenfalls verschieden, je nachdem von vornherein die Pfanne mehr oder weniger gefüllt war. Liegt die Drehungsachse höher als die Schwerpunktsachse, so strebt beim Kippen das Gewicht der Pfanne nebst ihrem Inhalte sie in die senkrechte Stellung zurückzuführen; liegt umgekehrt die Drehungsachse tiefer als die Schwerpunktsachse, so entsteht, sobald das Kippen beginnt, das Bestreben, die Pfanne zum Umschlagen zu bringen, und in beiden Fällen steigert sich dieses Bestreben um so mehr, je stärker die Pfanne gekippt werden muss, bevor sie eines bestimmten Teils ihres Inhaltes entleert werden kann. Je flacher aber die Pfanne ist, desto mehr Metall fliesst bei gleicher Drehung aus, eine desto schwächere Drehung ist also überhaupt erforderlich, um eine bestimmte Menge Metall auszugiessen, desto leichter geht das Kippen von statten.

Da nun anderseits die Abkühlung des flüssigen Gusseisens überhaupt um so langsamer vor sich geht, je grösser dessen Menge ist, empfiehlt es sich, die Pfannen um so flacher zu halten, je grösser ihr Inhalt ist, und als zweckmässiges Verhältnis zwischen Durchmesser und gesamter Höhe einer Giesspfanne kann man annehmen

für Pfannen von 5000 kg Inhalt und darüber

$$\frac{\text{Durchmesser}}{\text{Höhe}} = {}^5/_4 \text{ bis } {}^1/_1,$$

für Pfannen von 2500 bis 5000 kg Inhalt

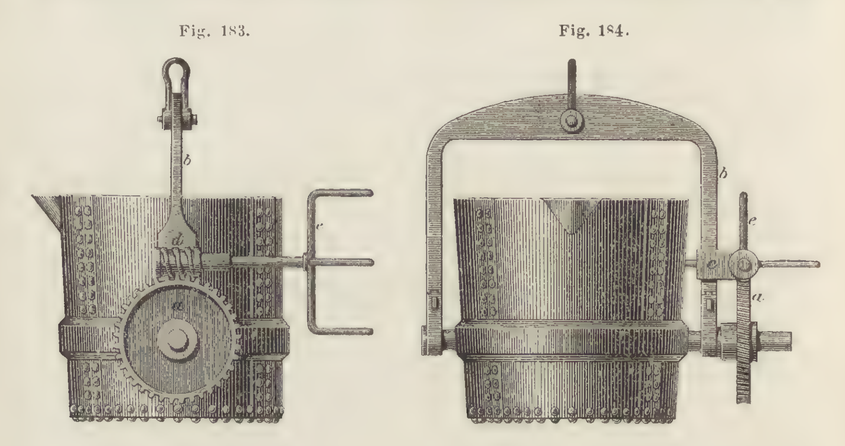
$$\frac{\text{Durchmesser}}{\text{Höhe}} = {}^1/_1,$$

für kleinere Pfannen $^4/_5$ bis $^3/_4$.

Um das Kippen zu erleichtern, legt man die Drehungsachse (d. h. die Zapfen) etwas tiefer als die Schwerpunktsachse der gefüllten Pfanne und verhindert durch Handhabung der über die Zapfenansätze gesteckten Gabeln ein selbstthätiges Umschlagen; bei einigermassen grossen Pfannen schiebt man Hebebäume zwischen die Arme der Gabeln, an welchen mehrere Arbeiter anfassen. Ist jedoch der Inhalt der Pfanne sehr beträchtlich, so ist es in anbetracht des grossen Unglücks, welches durch ein selbstthätiges Umschlagen der mit flüssigem Metall gefüllten Giesspfanne entstehen kann, notwendig, besondere Vorkehrungen anzubringen, um das Umschlagen unmöglich zu machen. Ein sehr einfaches Mittel dieser Art ist die Anwendung eines Hebels zum Kippen. An der Rückseite der Pfanne ist an dem Zapfenringe noch ein dritter, vierkantig ausgeschmiedeter Zapfen befestigt; ehe das Kippen vor sich geht, schiebt man einen langen eisernen Hebel mit passender Hülse über den Zapfen und befestigt ihn mit Hilfe eines durchgesteckten Keils; eine Zugstange, am Ende des Hebels angreifend und an ihrem anderen Ende mit einem quer durchgesteckten hölzernen Griffe versehen, an welcher mehrere Arbeiter anfassen können, dient dann dazu, den Hebel zu handhaben und das Ausgiessen zu regeln.

Vollkommener und deshalb für grosse Pfannen besonders empfehlenswert ist die in Fig 183 und 184 abgebildete Einrichtung [1]). Auf dem einen Zapfen ist ein Schneckenrad a befestigt, im Eingriffe stehend mit einer Schnecke d, welche zwischen zwei an dem Bügel b befestigten Backen c (Fig. 184) gelagert ist. An der Rückseite endigt die Schnecke in einem vierkantig geschmiedeten Zapfen, über welchen mit einer passenden Hülse das Kreuz e gesteckt wird. Durch Drehung des Kreuzes welche durch einen einzigen Arbeiter ausgeführt werden kann, wird das Kippen der Pfanne bewirkt; ein selbstthätiges Umschlagen ist hier

Fig. 183. Fig. 184.



unmöglich, und es sind deshalb ebensowohl die Gabeln an den Zapfen als der in Fig. 181 abgebildete Ueberwurf entbehrlich.

Bei den Giesspfannen, aus welchen, wie bisher beschrieben, das flüssige Eisen sofort über den Rand hinweg abfliesst, ist es erforderlich, vor dem Giessen die obenauf schwimmende Schlacke, Kohlenstückchen u. s. w. durch Abstreichen zu entfernen und auch beim Giessen noch die etwa zurückgebliebenen Fremdkörper oder die unter Einwirkung der Luft auf die reine Metalloberfläche inzwischen neu entstandenen Oxyde und Ausscheidungen sorgfältig mit Hilfe eines Stabes zurückzuhalten, damit sie nicht in die Gussform mit eintreten. Die Arbeit lässt sich erleichtern oder auch entbehrlich machen, wenn man die Giesspfanne mit einer selbstthätig wirkenden Abstreichvorrichtung versieht, bestehend aus einem mit Lehm oder Masse gut überkleideten, in das flüssige Metall eintauchendem Bleche, unter dessen Rande hindurch das Metall auszufliessen gezwungen ist. Die Abbildungen Fig. 185 und 186 zeigen eine solche Einrichtung, welche ohne weiteres verständlich sein wird. Das Blech ist zum Herausnehmen eingerichtet. damit man im stande sei, Ausbesserungen vorzunehmen; der Abstand des unteren Randes des Bleches vom Boden der Pfanne ist so bemessen. dass das Metall ausreichend rasch ausfliessen kann. Die abgebildete

---

[1]) Die abgebildete Pfanne soll um das Jahr 1835 durch **Nasmyth** in Patricoft erfunden sein (**Dürre**, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, 1. Auflage, Band 1, S. 749).

Pfanne soll in einigen englischen Eisengiessereien mit gutem Erfolg in Benutzung sein [1]).

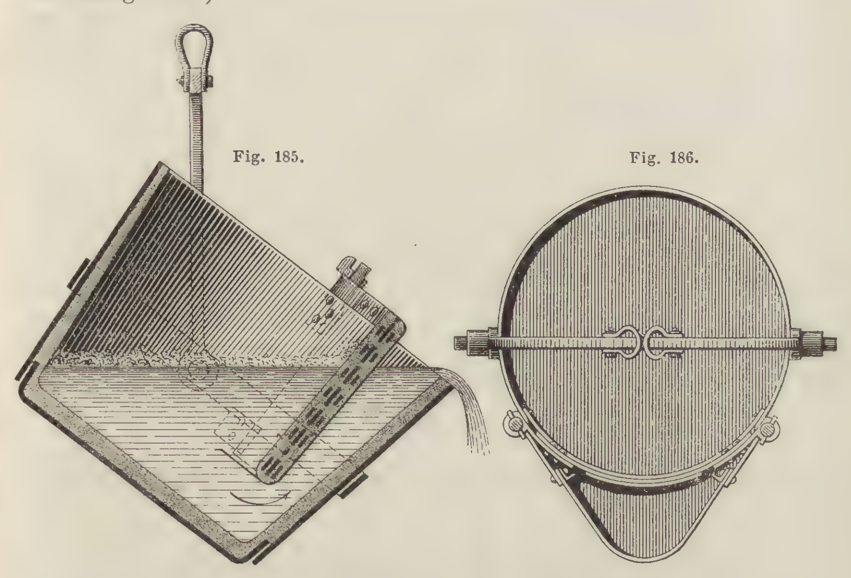


Fig. 185. Fig. 186.

Stahlgiesspfannen. In Fig. 187 und 188 ist eine zum Giessen schmiedbaren Metalls bestimmte Pfanne abgebildet. Die Gründe, wes-

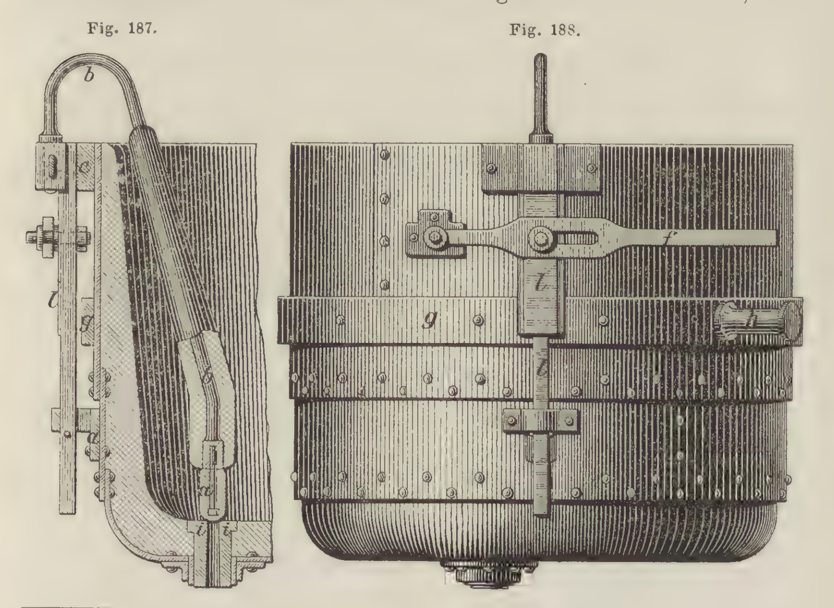


Fig. 187. Fig. 188.

[1]) Nach Iron, Band 31, S. 27 und 29. Eine ähnliche Giesspfanne ist schon in Dürres Handbuch des Eisengiessereibetriebes, 1. Auflage, Leipzig 1870, auf S. 749 erwähnt.

halb man Pfannen dieser Art mit Bodenventil und Stopfen versieht, wurden oben besprochen. i ist das Ventil oder der Auslass, a der Stopfen. Beide Teile werden aus feuerfestem Thon gefertigt und gebrannt. Der Stopfen wird an dem unteren Ende einer Eisenstange b befestigt, welche, soweit sie in das flüssige Metall eintaucht, mit feuerfester Masse umkleidet wird. Mit ihrem anderen Ende ist sie an eine bearbeitete, in Führungen auf und ab bewegliche Stange l angeschlossen; der Hebel f, auf dessen Ende eine Handhabe gesteckt wird, dient zum Heben und Senken der Stange, also zum Oeffnen und Schliessen des Ventils. Dem Boden dieser Pfannen gibt man häufig etwas schräge Lage, so dass sich die Auslassöffnung (i) an der tiefsten Stelle befindet.

Auch diese Pfannen müssen sich jedoch kippen lassen, teils, um beim Trocknen mit der Innenseite über die Feuerung gebracht werden zu können, teils auch, damit man sie von zurückgebliebenen Resten nach dem Giessen entleeren könne. Sie sind deshalb, wie die Krahnpfannen für Gusseisen, mit zwei starken Zapfen h (Fig. 188) versehen, an welchen sie entweder, wie jene, von einem Krahnbügel erfasst werden, oder mit welchen sie in Lagern am Arme eines Wasserdruckkrahns ruhen. Das Kippen pflegt in beiden Fällen durch Vermittelung einer Schnecke mit Getriebe (wie bei der in Fig. 183 abgebildeten Giesspfanne) bewirkt zu werden.

3. Die Arbeit des Giessens.

Der Vorsichtsmassregeln, welche beim Giessen angewendet werden müssen, um ein Misslingen des Gusses zu verhüten, wurde bereits in früherem mehrfach gedacht.

Hierher gehört zunächst die Bemessung der richtigen Temperatur des Metalls. Sie muss um so höher sein, je dünner die auszufüllenden Querschnitte sind und je stärker abkühlend die Gussform auf das eingegossene Metall einwirkt. Sandgussformen und eiserne Formen (Hartgussformen) erfordern deshalb ein stärker erhitztes Metall als Masse- oder Lehmgussformen. Andererseits entstehen, wie früher mehrfach erläutert wurde, in einem zu heiss eingegossenen Metalle leichter Hohlräume als in einem solchen, welches nur eben die zum Ausfüllen der Gussform erforderliche Temperatur besass, und bei Hartgussstücken wird die Härtung geringer, wenn das Metall stark über seinen Schmelzpunkt erhitzt war. Beim Schmelzen von Gusseisen in Kupolöfen, dem am häufigsten vorkommenden Falle, verlässt nun fast immer das geschmolzene Metall den Ofen in einer Temperatur, welche es ermöglicht, selbst die feinsten Querschnitte auszugiessen; wo also gröbere Gegenstände gegossen werden sollen, ist es Aufgabe des Giessers, das Metall zunächst durch Stehenlassen in der Pfanne oder dem Sumpfe entsprechend abkühlen zu lassen.

Da Temperaturmessungen in gewöhnlichen Fällen nicht ausführbar sind, besitzt der Giesser kein anderes Merkmal zur Beurteilung der Temperatur als die Farbe des Metalls. Einem gut arbeitenden Schmelzofen entströmt es mit blendend weisser Farbe, gewöhnlich bedeckt mit einer Schicht brennender Gase ohne Leuchtkraft (Wasserstoffgas). Nach einiger Zeit, wenn die Farbe des Metalls in gelblichweiss übergegangen

und die bedeckende Gashülle verschwunden ist, beginnt das schon früher erwähnte Spiel des Gusseisens, eine Bildung beweglicher Figuren auf der Oberfläche, deren Form von der verwendeten Roheisensorte abhängig ist. Die Farbe wird allmählich rötlicher, und auf der Oberfläche des Eisens erscheinen, zuerst als schwarze Pünktchen, später als breite Flecke, Ausscheidungen aus dem Metalle und oxydische Bildungen, unter der Berührung mit der atmosphärischen Luft entstanden. Zuerst am Rande erlahmt das Spiel, indem sich hier eine Kruste erstarrenden Metalls auf der Oberfläche bildet, und mehr und mehr wird es auf die mittleren, noch heisseren Teile der Oberfläche beschränkt. Nun ist es auch bei Gussformen mit stärkeren Querschnitten Zeit, das Giessen zu beginnen. Nur bei sehr schweren Gussstücken von gedrungener Form, Ambössen und dergleichen, empfiehlt es sich, so lange zu warten, bis das Metall deutlich rot und nunmehr dem Erstarren ganz nahe ist. Uebung und Erfahrung machen bei der Beurteilung der zum Giessen geeignetsten Temperatur den Meister.

Hatte man grosse Mengen Gusseisen zum Giessen angesammelt, so kann es eine viertel oder halbe Stunde währen, bis die Abkühlung auf den erforderlichen Grad fortgeschritten ist. Damit beim Stehen des Gusseisens in einer Pfanne diese nicht glühend werde oder gar durchschmelze, ist es in solchen Fällen doppelt notwendig, sie zuvor mit aller Vorsicht und in genügend dicker Schicht mit Lehm auszustreichen und gut zu trocknen. Während des Stehens in der Giesspfanne entweichen aus dem Metalle gelöste Gase, was für die Entstehung dichter Güsse förderlich ist und eine stärkere Ueberhitzung, welche ein längeres Stehenlassen notwendig macht, zweckmässig erscheinen lässt. Man befördert das Entweichen der Gase und beschleunigt zugleich etwas die Abkühlung durch öfteres Umrühren des Metalls mit einem eisernen Stabe (der von sehr heissem Metalle allerdings bald geschmolzen und aufgelöst wird).

In manchen Eisengiessereien legt man diesem Rühren des flüssigen Metalls für schwere Gusstücke eine grosse Bedeutung bei und lässt die Arbeit unausgesetzt ausführen, bis der Guss beginnt.

Stahl und Flusseisen erstarren rascher als Gusseisen, und jene absichtliche Abkühlung vor dem Giessen kann daher nur bei sehr schweren Abgüssen in Betracht kommen. Häufiger muss man nach Möglichkeit den Guss beschleunigen, damit die Gussform auslaufe.

Bevor nun das Giessen selbst seinen Anfang nimmt, entfernt man beim Gusseisen sorgfältig alle auf der Oberfläche schwimmenden fremden Körper. Bei den kleineren Pfannen bedient man sich hierzu einer hölzernen Latte oder auch eines im Herde gegossenen Eisenstabes mit schaufelartiger Verbreiterung am unteren Ende; bei grösseren Pfannen eines schmiedeisernen „Krampstockes“, d. h. einer Eisenstange, am vorderen Ende flach ausgeschmiedet und etwas gekrümmt, mit einem dünnen Lehmüberzuge versehen, um vor dem Abschmelzen geschützt zu sein. Beim Giessen aus dem Sumpfe hält ohnehin der Schütz die auf dem Eisen schwimmenden Unreinigkeiten zurück, und ebenso bewirkt die oben (Fig. 185) abgebildete Giesspfanne selbstthätig die Reinigung der Oberfläche.

Ununterbrochen bilden sich jedoch neue Körper auf der Oberfläche des Eisens. Wenn man also die grösste Menge entfernt hat, beginnt das Giessen; ein Arbeiter mit einem Krampstocke oder einer Holzlatte tritt seitlich neben den einfallenden Strahl flüssigen Metalls, um hier noch soviel als möglich jene Körper in der Pfanne oder der Gosse, durch welche das Metall einfliesst, zurückzuhalten.

In derselben Weise wird auch beim Giessen aus dem Tiegel die Oberfläche gereinigt.

Die Geschwindigkeit des Giessens muss den früheren Erläuterungen zufolge von der Beschaffenheit des Abgusses und der Schmelztemperatur des Metalls abhängen, in jedem Falle aber so bemessen sein, dass der Einguss ganz oder doch fast ganz mit flüssigem Eisen gefüllt erhalten wird und schliesslich bis zum oberen Rande gefüllt bleibt. Man erreicht hierdurch, dass alle sowohl durch Zufall von dem Eisen fortgerissenen fremden Körper, als auch die während des Giessens selbst sich neu bildenden Oxyde oben bleiben und nur metallisch reines Eisen in die Gussform gelangt. Geschieht es durch irgend einen Zufall, z. B. durch einen Irrtum in der Berechnung der zum Giessen erforderlichen Eisenmenge, dass der Einguss für einen Augenblick sich entleert, so ist fast immer ein Misslingen des Gussstücks die Folge davon, auch wenn sofort frisches Metall zur Hand ist und nachgegossen wird. Denn auf der Oberfläche des unter der Berührung mit der Luft in die Gussform eingetretenen Metalls hatte sich bereits ein Oxydhäutchen gebildet, welches sich als fremde Schicht zwischen das zuerst eingegossene und das später nachfolgende Metall legt; es findet keine vollständige Vereinigung mehr statt, und der stattgehabte Vorgang verrät sich durch eine unganze Stelle im Abgusse, welche unter Umständen durch den ganzen Querschnitt sich hindurchzieht und die Brauchbarkeit vereitelt (sogenannter Kaltguss).

Besonders schwierig gestaltet sich die Aufgabe, den Strahl des flüssigen Metalls nicht einen Augenblick unterbrechen zu lassen, beim Ausgiessen zahlreicher Tiegel (in Tiegelstahlgiessereien) in eine gemeinschaftliche Gussform. In eine nach dem Eingusse führende Rinne müssen die Tiegel in bestimmter Reihenfolge entleert werden. Statt der Rinne benutzt man beim Giessen mittelgrosser Gegenstände ein topfartiges, mit Masse ausgekleidetes Gefäss, von drei oder vier Füssen getragen und mit einer Ausflussöffnung im Boden, ähnlich den Giesspfannen für Stahlgüsse. Es wird auf die Gussform gestellt, so dass seine Oeffnung über dem Eingusse in einem Abstande von 10 bis 20 cm sich befindet, und dient dazu, zunächst den Inhalt sämtlicher Tiegel aufzunehmen, welcher nun in gleichmässigem Strahle in die Gussform gelangt.

Hat man Windpfeifen oder Steiger in die Gussform angebracht, so pflegt man sie, besonders die ersteren, beim Beginne des Giessens durch eine lose aufgelegte Thonkugel zu schliessen. Man erzeugt dadurch eine gewisse Spannung der eingeschlossenen Luft, welche sich dem allzu beschleunigten Eintreten des flüssigen Metalls entgegensetzt. Das Giessen verläuft allmählicher, die Gussform wird weniger leicht beschädigt, und der Einguss bleibt mit Metall angefüllt. Erst wenn die Gussform fast gefüllt ist, entfernt man die Kugeln und lässt zu-

nächst die noch übrig gebliebene Luft entweichen, worauf dann auch das Metall in den Windpfeifen aufsteigt.

Während des Giessens entweichen teils aus den Luftkanälen und Poren, teils aus den Teilungsfugen der Gussformen, teils aus den Windpfeifen und Steigern eine Menge brennbarer Gase, Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe, durch die Berührung des glühenden Eisens mit den feuchten Wänden der Gussform und durch die Zersetzung der dem Sande zugesetzten Steinkohle erzeugt. Liesse man sie unverbrannt austreten, so würden sie nicht allein die Luft in der Giesshalle verderben, sondern auch, indem sie sich plötzlich durch die Berührung mit dem glühenden Metalle entzündeten, eine Explosion und Beschädigung der Gussform veranlassen können. Man vermeidet diesen Nachteil, indem man sie beim Heraustreten verbrennt. Bei kleineren Gussformen genügt es, durch Anhalten eines glühenden Spans oder Eisenstücks die Entzündung zu bewirken, worauf die Gase ununterbrochen fortzubrennen pflegen; bei grösseren Gussformen häuft man ringsumher überall, wo Gase austreten können, Hobelspäne aus der Modelltischlerei an und entzündet sie in dem Augenblicke, wo das Giessen seinen Anfang nimmt, so dass die Gase unmittelbar in die gebildeten Flammen eintreten müssen und dort verzehrt werden.

Der Behandlung des verlorenen Kopfes nach dem Giessen, damit er seinen Zweck erfülle, ist schon auf S. 321 ausführlich Erwähnung gethan.

4. Das Angiessen und Anschmelzen.

Wie man auf einer Eisfläche ein neues Eisstück erzeugen und mit dem vorhandenen Eise zu einem Ganzen vereinigen kann, indem man Wasser bis zum beginnenden Schmelzen aufgiesst und dann erstarren lässt, so lässt sich auch Gusseisen mit Gusseisen durch anhaltendes Aufgiessen verbinden. Man benutzt diesen Kunstgriff in den Eisengiessereien bisweilen, um an vorhandene, kostspielig herzustellende Gebrauchsgegenstände einzelne Teile anzugiessen, sei es, dass die letzteren bei der Herstellung des neuen Gegenstandes misslungen waren, während der Hauptkörper brauchbar gewesen sein würde, sei es, dass durch Bruch eine Beschädigung des Gegenstandes herbeigeführt wurde. Der Eisengiesser nennt dieses Verfahren fälschlich Anschweissen.

Verschiedene Schwierigkeiten setzen sich jedoch der erfolgreichen Durchführung des Verfahrens entgegen. Hierher gehört zunächst seine verhältnismässig hohe Schmelztemperatur; dasjenige Stück, an welches ein Teil angegossen werden soll, muss an der Verbindungsstelle bis zum beginnenden Schmelzen erhitzt werden, was sich nur durch anhaltendes Darübergiessen hocherhitzten Metalls erreichen lässt. Fernerhin erschwert die Leichtoxydierbarkeit des Eisens in höherer Temperatur das Angiessen, denn eine Verbindung findet nur auf einer metallisch reinen, oxydfreien Fläche statt, die sich ebenfalls nur erhalten lässt, wenn man die Erhitzung der Eisenfläche durch eine Decke flüssigen Metalls bewirkt. Endlich stellt sich auch die Sprödigkeit des Gusseisens dem Gelingen der Arbeit entgegen; jene notwendige einseitige

Erhitzung des Gussstücks hat bei manchen Gegenständen ein Verziehen zur Folge, welches nicht selten ein Zerspringen herbeiführt.

Besondere Geschicklichkeit sollen die Chinesen im Angiessen des Gusseisens besitzen. Man erzählt, dass sie, mit kleinen Schmelzöfen von Haus zu Haus ziehend, zerbrochene Gusseisentöpfe auf diese Weise flicken, was uns Europäern wegen des Zerspringens der Töpfe nur schwierig gelingen dürfte. Nicht selten benutzt man dagegen in europäischen Eisengiessereien das in Rede stehende Verfahren, um an grössere Gussgegenstände von gedrungener Form abgebrochene Stücke neu anzugiessen, z. B. einen abgebrochenen Walzenzapfen an eine grosse Walze, und es möge deshalb als ein Beispiel des Verfahrens die Beschreibung der Arbeit bei einem solchen Angiessen eines Walzenzapfens hier eine Stelle finden.

Da, wie erwähnt, nur auf einer metallisch reinen Fläche eine Verbindung zu erzielen ist, schützt man, wenn der Bruch der Walze erfolgt ist, die Bruchfläche soviel als möglich vor dem Rosten, indem man die Walze an einem trockenen Orte aufbewahrt. Für den anzugiessenden Zapfen nebst verlorenem Kopf fertigt man nun zunächst eine Gussform in Masse oder Lehm und trocknet sie. Unten, wo sich die Gussform auf das vorhandene Gussstück aufsetzen muss, ist sie offen; dem Durchmesser des fertigen Zapfens aber muss nicht allein das für das Abdrehen übliche Mass zugegeben werden, sondern man nimmt den Durchmesser um mindestens 3 cm grösser als er nach dem Abdrehen werden soll, da die Erfahrung lehrt, dass wegen der rascheren Abkühlung am Rande erst in einiger Entfernung davon eine vollständige Vereinigung des aufgegossenen Metalls mit dem vorhandenen eintritt.

An der Unterkante der Gussform befinden sich eine Oeffnung zum Einfliessen und einige Oeffnungen zum Abfliessen des zuerst eingegossenen Metalls, derartig verteilt, und von solcher Grösse, dass beim Giessen das flüssige Metall von der Seite des Eingusses her sich über die Bruchfläche verteilt, diese bedeckend, aber zugleich auf der anderen Seite wieder abfliessend, ohne dass an irgend einer Stelle Ansammlungen erkalteten Metalls stattfinden können.

Man gräbt nun die Walze, an welche der Zapfen angegossen werden soll, in senkrechter Stellung, die Bruchfläche nach oben, in die Dammgrube ein, reinigt, wenn es erforderlich sein sollte, verrostete Stellen der Bruchfläche mit Meissel und Feile und setzt die Gussform darauf. Durch Dammgrubensand, welchen man rings um die Gussform her aufschüttet und feststampft, wird sie in ihrer Stellung befestigt, und in dem Sande bringt man die erforderlichen Kanäle an für das Ein- und Abfliessen des Metalls. Ein Sumpf, den man im Dammgrubensande unterhalb der Abflussöffnungen anlegt, dient zur Aufnahme des abfliessenden Metalls.

Man beginnt die Arbeit mit dem Anwärmen der Bruchfläche durch aufgeschüttete glühende Holzkohlen und Unterhalten des Holzkohlenfeuers während mehrerer Stunden. Alsdann werden die Holzkohlen zum grössten Teile entfernt, und man giesst nun zunächst ununterbrochen aus einer grossen Giesspfanne hocherhitztes Gusseisen so lange über die Bruchfläche hinweg, bis diese zu erweichen beginnt. Notwendig ist es, wie schon bemerkt wurde, dass hierbei die Bruchfläche

vollständig von dem flüssigen Metalle bedeckt werde. Die Menge des für diese Arbeit erforderlichen Metalls ist ziemlich beträchtlich und pflegt drei- bis viermal soviel zu betragen, als zur Ausfüllung der Gussform selbst erforderlich ist. Zeigt sich beim Tasten mit einem Eisenstabe, dass jener Zeitpunkt, wo die Oberfläche der Walze zu erweichen beginnt, erreicht ist, so verstopft man, ohne das Giessen zu unterbrechen, die Abflussöffnungen und zwingt dadurch das einströmende Metall, in der Gussform aufzusteigen und diese anzufüllen. Ist das Giessen in solcher Weise beendet, so bedeckt man den verlorenen Kopf mit Kohlenlösche und verfährt dann wie bei gewöhnlichen Gussformen mit Kopf. Nach beendigter Abkühlung wird der Zapfen auf seinen richtigen Durchmesser abgedreht, und, wenn das Angiessen gut gelungen war, ist seine Festigkeit mitunter grösser als zuvor, so dass ein neuer Bruch an derselben Stelle kaum zu fürchten ist.

Sollen Gegenstände aus Flusseisen in dieser Weise ausgebessert werden, so kann man, um die erforderliche starke Ueberhitzung des geschmolzenen Metalls zu erreichen, sich eines von Goldschmidt erfundenen Verfahrens bedienen. Es beruht auf der Reduktion des aufzugiessenden Eisens aus seinem Oxyde durch metallisches Aluminium in einem Tiegel, wobei ein so erheblicher Wärmeüberschuss entwickelt wird, dass das reducirte Eisen nicht allein schmilzt, sondern noch weit über seine Schmelztemperatur hinaus erhitzt wird. Von dem unter dem Namen Thermit käuflich zu erhaltenden Gemische von Eisenoxyd und Aluminium[1]) wird ein Teil in einen Tiegel gebracht, eine kleine Menge eines besonderen, Entzündungsgemisch genannten und aus Aluminium und Baryumsuperoxyd bestehenden Pulvers wird aufgestreut und entzündet. Nach eingetretener Entzündung streut man von dem Thermit löffelweise nach, bis die erforderliche Menge geschmolzen ist. Währenddem ist der Abguss zur Rotglut erhitzt, eine aus feuerfester Masse gefertigte und gut vorgewärmte Gussform wird aufgesetzt und das flüssige Metall hineingegossen, nachdem man die darauf schwimmende Schlacke durch Abgiessen entfernt hat. Man lässt den Abguss dann thunlichst langsam erkalten[2]).

Wenn es sich nur um Ausbesserung kleiner Fehlstellen in Formgussstücken aus schmiedbarem Eisen handelt, z. B. um Ausfüllung von Sandlöchern oder Gasblasen, welche bei der Bearbeitung frei gelegt waren, so bedient man sich auf Werken, welche über elektrischen Strom verfügen, mit gutem Erfolge auch des elektrischen Lichtbogens zum Schmelzen des zur Ausfüllung bestimmten Metalls. Man reinigt die Stelle, bringt das zu schmelzende Metall in Form feiner Schnitzel darauf und lässt den Lichtbogen darauf wirken, indem man den Abguss als positiven Pol und einen Kohlenstift als negativen Pol benutzt, welcher mit einer Zange gehalten und der zu erhitzenden Stelle genähert wird, so den Lichtbogen herstellend. Die im Lichtbogen befindlichen Metallteile schmelzen sofort und erstarren, sobald der Lichtbogen ab-

---

[1]) Bezugsquelle: Dr. Hans Goldschmidt in Essen a. d. Ruhr.

[2]) Ausführlicher ist das Verfahren in „Stahl und Eisen“ 1900, S. 567, und 1901, S. 23, beschrieben.

gezogen wird [1]. Man hat auch dieses Verfahren elektrisches Schweissen genannt.

5. Der Centrifugalguss.

Bei einer früheren Gelegenheit (S. 318) wurde darauf aufmerksam gemacht, dass, wenn die Aufgabe vorliege, Gussstücke von kreisförmigen Querschnitten und senkrechter Achse mit dichter Aussenfläche zu giessen, die Erreichung dieses Zwecks durch eine tangentiale Stellung des Einlaufs gefördert werde, bei welcher das in der Gussform aufsteigende Metall in eine kreisende Bewegung gerate und die schwereren Bestandteile der Metallsäule vermöge der Fliehkraft an die Aussenfläche gedrängt würden.

Eine ähnliche Wirkung lässt sich erzielen, wenn man die mit flüssigem Metalle angefüllte Gussform selbst in eine rasche Drehung um ihre Achse versetzt. Dieses Verfahren, welches für verschiedene Zwecke dienen kann, wird Centrifugalguss genannt.

Eine eigentümliche Anwendung des Centrifugalgusses machte man in den fünfziger und sechziger Jahren dieses Jahrhunderts zur Herstellung von Röhren und anderen Körpern mit ringförmigen Querschnitten. Die Gussform wurde ohne Kern hergestellt, das Metall hineingegossen und nun die Gussform in rasche Drehung um ihre senkrechte Achse versetzt. Durch die Wirkung der Fliehkraft wurde das flüssige Eisen an die Wände gedrückt, wo es in gleichmässiger Schicht sich ausbreitete. War die Erstarrung eingetreten, so wurde die Drehung eingestellt und der Abguss aus der Form herausgenommen. Auch in einigen deutschen Eisengiessereien wurde das Verfahren versuchsweise eingeführt, scheiterte jedoch an dem Umstande, dass die Kosten für die Drehung und den vermehrten Ausschuss höher waren als die Kosten für Herstellung eines Kerns [2].

Später wurde der Centrifugalguss durch W. H. O. Taylor und J. W. Wailes in anderer Absicht aufs neue in Vorschlag gebracht. Sie wollten die Fliehkraft nicht sowohl benutzen, um den Kern zu sparen, als vielmehr, um das Metall unter einem stärkeren Drucke erstarren zu lassen, welcher die Schärfe und Dichtigkeit der Abgüsse erhöhen sollte. Der Kern des herzustellenden ringförmigen Gegenstandes bestand aus einzelnen, aus Metall hergestellten Teilstücken, welche bei der Drehung der Gussform gegen die Innenfläche des eingegossenen Metalls gepresst werden sollten; die Form der Teilstücke war eine solche, dass diese Bewegung in radialer Richtung möglich war, ohne dass der Umfang unterbrochen wurde. Nach Einstellung der Bewegung sollten sich die Kernstücke zurückziehen und den Abguss frei lassen [3]. Es ist nicht wahrscheinlich, dass hierdurch ein den Mehrkosten des Verfahrens entsprechender Erfolg sich erreichen lassen werde.

---

[1] „Stahl und Eisen" 1894, Seite 769.

[2] Dinglers Polytechn. Journal, Band 153, Seite 461; Band 176, Seite 14.

[3] Deutsche Patentschrift Nr. 8116.

Einen noch andern Zweck, nämlich das Giessen ringförmiger Gegenstände, deren Kohlenstoffgehalt und somit Härtegrad am äusseren Rande anders ist als am inneren, verfolgt P. Huth in Essen a. d. Ruhr mit Anwendung des Centrifugalgusses, und hierfür hat das Verfahren sich gut bewährt[1]). Die Drehungsachse der Gussform ist senkrecht; zunächst wird das Metall eingegossen, welches den äusseren Rand bilden soll, und sich bei der Umdrehung an den Umfang der Gussform anlegt; dann folgt sofort das Eingiessen des für den inneren Teil bestimmten Metalls. Man benutzt das Verfahren in der Regel zum Giessen von Gegenständen aus schmiedbarem Eisen, welche aussen härter als innen sein sollen: Strassenbahnrädern, Brechringen für Koks- und Kohlenbrecher, Kollergangsringen u. a. m.

6. Schwenk- oder Stürzguss.

Wenn man die Gussform eines hohl zu giessenden Gegenstandes, ohne einen Kern einzusetzen, mit Metall ausgiesst, dann, wenn am Umfange ein Teil des Metalls erstarrt ist und eine Kruste von gewünschter Dicke sich gebildet hat, die Gussform umkehrt und aus einer vorhandenen oder besonders für diesen Zweck durch Einstechen mit einem spitzen Werkzeuge gebildeten Oeffnung das noch im Innern befindliche Metall wieder ausfliessen lässt, so erhält man offenbar einen Hohlkörper ohne Anwendung eines Kerns. Dieses Verfahren heisst Schwenk- oder Stürzguss. Von Zinn- und Zinkgiessern wird es häufig zur Anfertigung von Gegenständen angewendet, bei denen es weder auf genaue Innehaltung einer bestimmten Wandstärke noch auf grosse Genauigkeit der Innenfläche ankommt, Spielwaren, Büsten und ähnlichen Dingen. Hier erleichtert die Anwendung metallener Gussformen und die niedrige Schmelztemperatur des Metalls sehr die Bildung einer dünnen Kruste mit flüssigem Kern und dadurch die Anwendung des Verfahrens. Schwieriger ist die Anwendung in der Eisen- oder gar Stahlgiesserei, wo das eingegossene Metall rasch erstarrt. Man findet deshalb nur sehr vereinzelte Benutzung des Stürzgusses in solchen Fällen, wo ein passender Kern nur mit grossen Schwierigkeiten zu beschaffen und einzulegen sein würde. So z. B. hat man Abgüsse von Hirschgeweihen, welche als Schmuck für Jagdhäuser zu dienen bestimmt waren, mitunter in dieser Weise gegossen. Voll gegossen würden sie teils sehr schwer ausfallen, teils nicht so scharfe Umrisse zeigen als hohl gegossene; ein genau passender Kern würde sich nur mit grossen Kosten fertigen lassen, und ohne Anwendung von Kernsteifen, die wieder die Schönheit des Abgusses beeinträchtigen würden, gar nicht einzulegen sein. Hier gibt demnach die Anwendung des Stürzgusses, bei welchem man bald nach beendigtem Giessen in die Wurzel des Geweihes eine Oeffnung zum Ausgiessen des Metalls stösst, ein Mittel, den Hohlguss ohne Kern zu fertigen. Die Bemessung des richtigen Zeitpunkts, wo die Kruste starr und der Kern noch flüssig ist, erfordert allerdings Uebung, und auch dem Geübten gelingt das Verfahren nicht immer.

---

[1]) D. R. P. Nr. 78532. Vergleiche auch „Stahl und Eisen“ 1895, Seite 285; 1897, Seite 572; Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900, Seite 1290.

II. Die Abkühlung der Gussstücke.

Da eine ungleichzeitige Abkühlung verschiedener Stellen eines Abgusses Spannung hervorrufen würde (S. 49), ist es eine wichtige Aufgabe des Giessers, diese Abkühlung so zu regeln, dass sie möglichst gleichmässig an sämtlichen Stellen vor sich gehe. Besitzt der Abguss nicht etwa einzelne Teile, deren Querschnittsabmessungen erhebliche Abweichungen von denjenigen der übrigen Teile zeigen, so ist das einfachste Mittel zur Verhütung von Spannungen, den Abguss in der Gussform selbst (sofern diese nicht aus Eisen, sondern aus Sand, Masse, Lehm bestand) abkühlen zu lassen, und es ist deshalb Regel, wenigstens alle grösseren Stücke, welche zur Entstehung von Spannungen neigen, mindestens bis zum folgenden Morgen nach dem Giessen in der Gussform stecken zu lassen. Besitzt aber der Abguss einzelne stärkere, langsamer abkühlende Teile neben schwächeren, so führt dieses Mittel nicht zum Ziele. Man entblösst, wie schon früher erwähnt wurde, die stärkeren Teile vom Formmaterial, damit sie rascher abkühlen, und hält die schwächeren bedeckt.

Oft rufen scheinbar ganz geringfügige Ursachen bedeutende Spannungen in den Gussstücken hervor, wenn diese zu früh aus der Gussform herausgenommen werden. Ein offenstehendes Fenster, durch welches Zugluft gegen die eine Seite eines grösseren, dünnwandigen, noch glühenden Abgusses trifft, Regentropfen, die gegen die eine Seite desselben fallen, und ähnliche Zufälligkeiten können Spannung hervorrufen und ein Zerspringen herbeiführen, wenn der Abguss überhaupt seiner Form nach dazu neigt.

Ist die Form des Abgusses eine solche, dass er nicht frei schwinden kann, ohne das Formmaterial an einzelnen Stellen zusammenzudrücken (z. B. innerhalb eines gegossenen Ringes, oder zwischen den Armen eines Rades), so entsteht die Gefahr, dass der Abguss reisse, wenn die Gussform nicht ausreichend nachgiebig ist. Gewöhnlicher Formsand pflegt leicht nachzugeben, und in Sandgussformen tritt daher jene Gefahr nur selten auf; getrocknete Masse, zumal die eigentliche thonreiche Masse, ist hart, fest, sehr widerstandsfähig gegen das Zusammendrücken. Man ist bei Benutzung von Gussformen aus solchem Stoffe genötigt, sofort, nachdem das Erstarren eingetreten ist, den Abguss aufzudecken, die eingeschlossenen Teile mit einem geeigneten Werkzeuge aufzulockern, unter Umständen auch wohl den Abguss herauszunehmen und dann erst mit schlechten Wärmeleitern — trockenem Sande oder dergleichen — zu bedecken. Da schmiedbares Eisen stärker schwindet als Gusseisen, ist auch beim Giessen des ersteren die Gefahr des Reissens grösser als beim Giessen des letzteren.

III. Das Putzen der Gusswaren.

Man versteht unter dem Ausdrucke „Putzen“ die Reinigung der Gusswaren von anhaftendem Formmateriale, das Lostrennen der Eingüsse, Entfernen der Gussnähte oder Grate, d. h. jener Ansätze, welche

durch Eindringen des flüssigen Eisens in die Fugen der Gussform entstanden waren, u. s. f. Das Putzen wird, nachdem die Giesser die Gussformen ihres Inhalts entleert haben, durch besondere Arbeiter ausgeführt.

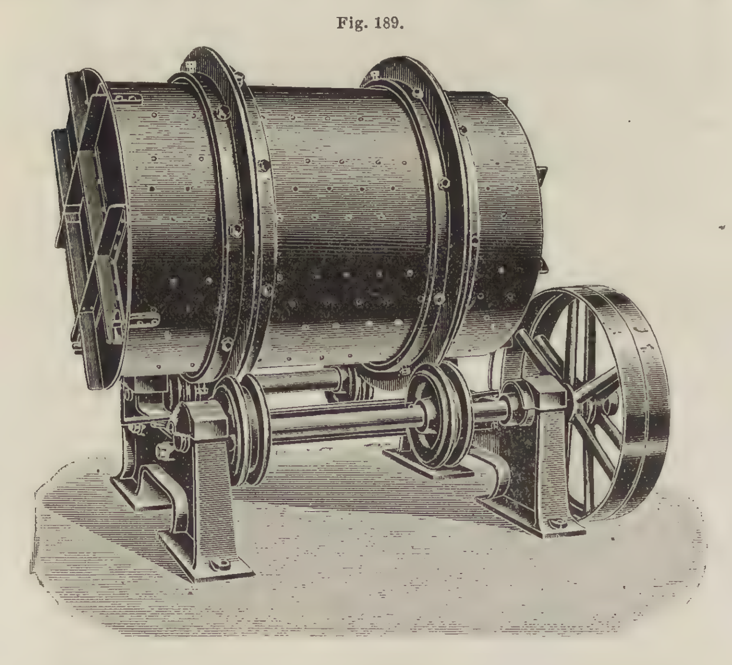
Zur Entfernung des anhaftenden Formmaterials benutzen die Putzer steife, pinselförmige Drahtbürsten, aus starkem, ungeglühtem Eisendrahte gefertigt. Man stellt sie häufig in der Weise her, dass man ein Bündel Drähte mit dem einen Ende in geschmolzenes Blei taucht, welches dem Erstarren nahe ist, und dann wieder herauszieht. Es bildet sich ein Kopf erstarrten Metalls, welcher die Drähte zusammenhält, und später, wenn die Bürste abgenutzt ist, wieder abgeschmolzen wird. Auch umlaufende Drahtbürsten, walzenförmig und auf einer wagerechten, mit grosser Geschwindigkeit sich drehenden Achse befestigt, werden mitunter benutzt.

Stellen, an welchen der Sand fest angebrannt ist, werden mit einem Stück Sandstein abgerieben.

Seit etwa zwei Jahrzehnten hat man jedoch in grösseren Giessereien diese Handarbeit in immer zunehmendem Umfange durch Maschinenarbeit ersetzt, und verschiedene Vorrichtungen sind dafür in Anwendung gebracht.

Zum Putzen einfach gestalteter kleinerer Abgüsse bedient man sich z. B. nicht selten eiserner, umlaufender Trommeln mit wagerechter Achse, in welche die Gegenstände gebracht werden, so dass sie

Fig. 189.

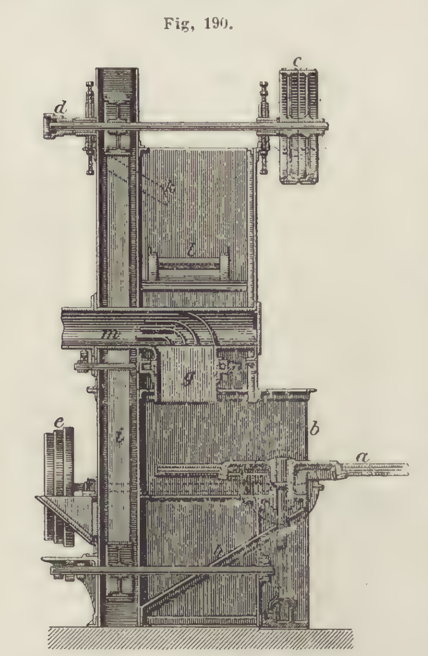


bei der Bewegung sich gegenseitig abscheuern. Die Einrichtung der Trommeln ist ähnlich, wie die der Sand- und Kohlenmühlen (Seite 182);

um die nicht unerhebliche Zapfenreibung grosser, mit Gusstücken gefüllter Trommeln in eine minder starke rollende Reibung zu verwandeln, lässt man sie, wie in Fig. 189 dargestellt ist (Scheuertrommel der Badischen Maschinenfabrik in Durlach) auf Rollen sich wälzen. Man gibt diesen Trommeln einen Durchmesser bis zu 2 m.

Zum Putzen von Gegenständen mit stark gegliederter Oberfläche, welche in Scheuertrommeln nur ungenügend vom Sande gereinigt werden würden, benutzt man dagegen Sandstrahlgebläse[1]), welche Sand mit grosser Geschwindigkeit gegen die Oberfläche der Abgüsse schleudern und so den daran haftenden Sand entfernen. Fig. 190 zeigt ein solches Sandstrahlgebläse im Schnitt, Fig. 191 im Schaubilde[2]).

Fig. 190.



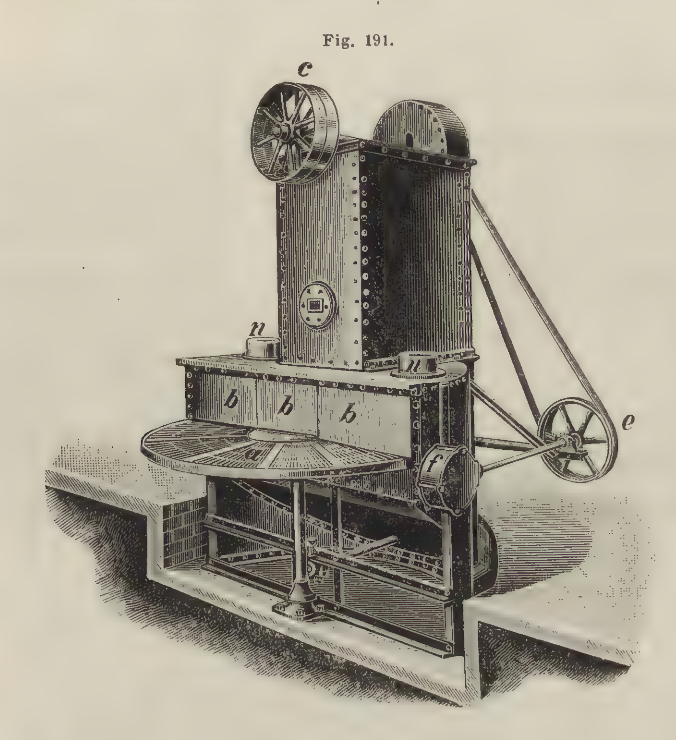
Die zu putzenden Gegenstände befinden sich auf dem gusseisernen Drehtische a, dessen Platte mit auswechselbaren Rosten versehen ist, um den Sand hindurchfallen zu lassen. Die hintere, in dem Gehäuse der Maschine befindliche Hälfte des Tisches, auf welcher die Einwirkung des Sandstrahles stattfindet, ist von der vorderen Hälfte, von der die geputzten Gegenstände entnommen werden, durch niederhängende Kautschukklappen b getrennt, welche zwar das Austreten der Gussstücke nicht hindern, aber den Sand und Staub zurückhalten. Der Tisch wird von der Riemenscheibe c aus gedreht, wobei die Bewegung durch Vermittelung der Stufenscheiben d, e und eines Paares in dem Schutzkasten f (Fig. 191) gelagerter Winkelräder auf einen unterhalb des Tisches befestigten Zahnkranz übertragen wird. g (Fig. 192) ist die Düse, aus welcher der Sand auf die Gussstücke geschleudert wird, um dann durch die durchbrochene Tischplatte auf die schiefe Ebene h zu fallen, auf welcher er abwärts gleitet. An der Rückseite des Gehäuses wird er durch ein Becherwerk, zu dessen Bewegung der Riemen i dient, aufgenommen, nach oben befördert und durch die in Punkten gezeichnete Lutte k dem Siebe l zugeführt, um alsdann in einem neben dem Windrohre m befindlichen trichterförmigen Kasten gesammelt zu werden. Zum Nach-

[1]) Von dem Amerikaner Tilghmann erfunden und seit 1873 sowohl für den in Rede stehenden Zweck, als zur Oberflächenbearbeitung anderer Gegenstände benutzt.

[2]) Von der Firma Alfred Gutmann in Ottensen bei Hamburg gebaut.

füllen frischen Sandes dient der an der Rückseite des Gehäuses unten in Fig. 190 sichtbare Trichter; der hier eingefüllte Sand wird ebenso wie der schon benutzte durch das Becherwerk gehoben und durch die erwähnten Vorrichtungen der Düse zugeführt. Zur Abführung des gebildeten Staubes dienen die beiden Auslässe n, n_1, an welche Blechrohre angeschlossen werden. Sie führen in einen gemeinschaftlichen Staubfang, aus welchem ein Exhaustor mit 1600 Umdrehungen in der Minute die Luft absaugt, solcherart eine rasche Luftbewegung im Gehäuse des Sandstrahlgebläses veranlassend.

Fig. 191.

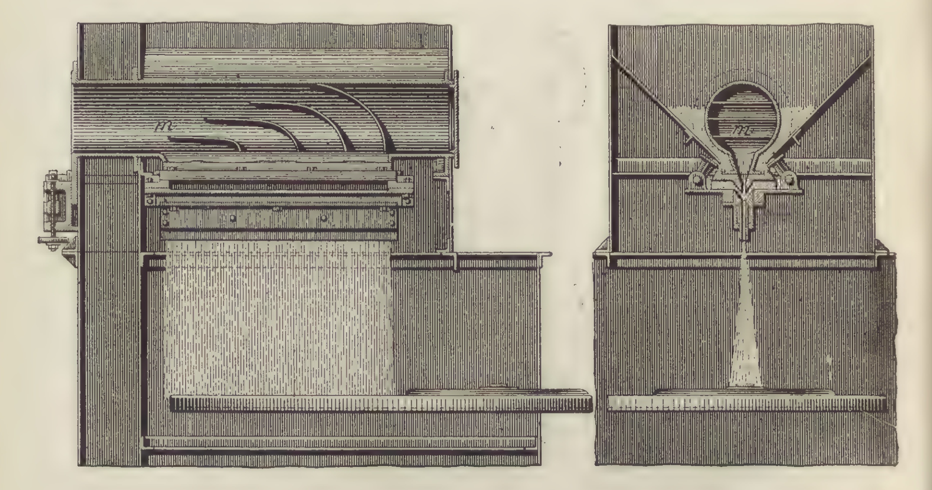


Die Einrichtung der Düse g ist in Fig. 192 und 193 in grösserem Massstabe ($^1/_{15}$ der wirklichen Grösse) dargestellt. m ist das Windrohr, dem der von einem Ventilator oder sonstigen Gebläse gelieferte Wind mit einer Spannung von 500 mm Wassersäule zugeführt wird. Eingesetzte Blechrippen dienen zur gleichmässigen Verteilung des Windes, bevor er zu der einen langen schmalen Spalt bildenden Austrittsöffnung gelangt. Der in dem schon erwähnten und in Fig. 193 erkennbaren Blechtrichter gesammelte Sand gelangt unter dessen Rande hinweg in zwei wagerechte Kanäle neben der Düse, wird von dem aus dem Rohre m austretenden Windstrome angesaugt und durch die darunter befindliche Düse senkrecht abwärts geschleudert. Zur Regelung des Sandzuflusses dienen die zwei in Fig. 193 sichtbaren Klappen.

Zur Bedienung der Sandstrahlgebläse sind, abweichend nach ihrer Grösse, 1 bis 2 Arbeiter erforderlich, wobei stündlich 600 bis 1500 kg

Gusswaren geputzt werden können. Der Arbeitsaufwand zur Erzeugung des Windes und zur Bewegung des Tisches und des Becherwerkes beträgt 3 bis 10 Pferdestärken. Als Vorteile der Benutzung der Sandstrahlgebläse rühmt man ausser der bedeutenden Leistungsfähigkeit die sehr vollständige und gleichmässige Reinigung der Oberfläche an den erhabenen wie an den vertieften Stellen und die Erleichterung der späteren Bearbeitung durch Meissel, Feile oder sonstige schneidende Werkzeuge, da die harte Gusshaut, welche den Angriff dieser Werkzeuge erschwert und die Schneiden abstumpft, schon durch den Sand

Fig. 192. Fig. 193.



zum teile entfernt wird. Die Gegenstände kommen mit einer matten Oberfläche, welche Fehlstellen deutlich erkennen lässt, aus der Bearbeitung im Sandstrahlgebläse heraus. Vorzugsweise eignen sich die Sandstrahlgebläse mit Drehtisch zum Putzen kleinerer Gegenstände, von denen viele mit einem Male auf den Tisch gelegt werden können, aber bei entsprechenden Abmessungen des Tisches lassen sich auch Gegenstände von 2 m Länge, 0,3 m Breite und 0,35 m Höhe darin putzen. Sollen schwerere Gegenstände geputzt werden, so ist der Drehtisch nicht mehr anwendbar, und das Gebläse erhält eine andere Einrichtung. Es wird beweglich gemacht, und das Mundstück wird an einem beweglichen Schlauche befestigt, der es ermöglicht, den Strahl in beliebiger Richtung gegen das Gussstück zu richten. Statt des Windstromes benutzt man in diesem Falle zweckmässiger einen Dampfstrahl, der auch fest angebrannten Sand ohne Schwierigkeit entfernt [1]).

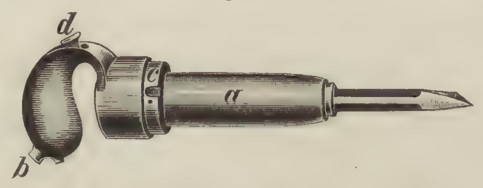
Zur Entfernung des Grats der Gusswaren, zum Nacharbeiten von Fehlstellen u. s. w. benutzt der Putzer Hammer, Meissel und Feile.

---

[1]) Abbildung eines solchen Gebläses: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900, Seite 443.

Da es sich hier nur um eine oberflächliche Bearbeitung handeln kann und die Feilen zu den kostspieligsten Werkzeugen gehören, überlässt man den Putzern gewöhnlich die aus der Schlosserei kommenden, stumpf gewordenen Feilen, welche für jenen Zweck immerhin noch brauchbar sind. Auch bei dieser Aufgabe lässt sich in Giessereien, welche über Vorrichtungen zur Erzeugung von Druckluft verfügen, die Handarbeit mit Vorteil durch Maschinenarbeit ersetzen, indem man sich eines mit Druckluft betriebenen Meissels bedient [1]). Fig. 194 zeigt die

Fig. 194.



äussere Form eines hierfür bestimmten Geräts [2]). In dem durch die Hand geführten Cylinder a wird ein Kolben mit kleinem Hube, aber sehr grosser Geschwindigkeit hin und her bewegt, so dass in der Minute 8000 bis 10000 Hübe ausgeführt werden können. Bei dem Vorwärtsgange schlägt der Kolben gegen den im vorderen Ende befindlichen Werkzeughalter, in welchem der Meissel befestigt ist, und dieser überträgt die Schlagwirkung auf das Arbeitsstück. Die Druckluft wird durch einen Schlauch bei b zugeführt, die verbrauchte Luft entweicht bei c. Durch Druck auf den Knopf d wird ein Hebel bewegt und der Druckluft der Eintritt geöffnet; lässt man d los, so wird durch eine im Innern der Handhabe befindliche Feder ein Kolben bewegt, welcher den Eintritt schliesst. Das Schaubild Fig. 195 zeigt die Handhabung des Werkzeugs [3]). Obgleich die Wirkung jedes einzelnen Schlages

Fig. 195.



[1]) Von dem Amerikaner James Mac Coy in Brooklyn erfunden.

[2]) Nach Boyer. Näheres über verschiedene Formen von Luftdruckmeisseln und deren innere Anordnung: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1891, Seite 367; 1894 Seite 86; Bulletin de la Société d'Encouragement 1900, Seite 476

[3]) Nach einer Abbildung des Musterbuchs der Firma Schuchardt & Schütte in Berlin.

eines solchen Luftdruckmeissels geringer ist als die eines gewöhnlichen, durch Hammerschläge bewegten Meissels, ist doch wegen der grossen Zahl der Hübe die Gesamtwirkung rascher, so dass ein mit einem Luftdruckmeissel versehener Arbeiter die Leistung von drei bis vier mit gewöhnlichen Meisseln arbeitenden Leuten zu vollbringen vermag; die Arbeit fällt wegen der geringeren Abmessungen der genommenen Späne genauer aus, so dass die Anwendung von Feilen entbehrlich wird, und die Abnutzung der Schneiden ist geringer. Die erforderliche Pressung der Luft beträgt etwa 6 Atmosphären, der Luftverbrauch in der Stunde 2 bis 3 cbm.

IV. Die fernere Bearbeitung der Gusswaren.

Nur eine geringere Zahl der Gusswaren ist, wenn das Putzen beendet ist, ohne weiteres geeignet, als Gebrauchsgegenstände benutzt zu werden; die meisten werden erst — sei es in unmittelbarem Anschlusse an das Verfahren ihrer Herstellung, sei es in entlegenen und häufig anderen Besitzern gehörigen Werkstätten — einer weiteren Bearbeitung unterzogen. Die Art dieser Bearbeitung aber ist nach der Beschaffenheit der Gusswaren verschieden, und ihre ausführliche Besprechung würde über den Rahmen eines Handbuchs der Eisengiesserei hinausgehen. Nur in kurzen Zügen möge das Wesen der häufigsten dieser Arbeiten hier geschildert werden; Gelegenheit zu einer gründlicheren Belehrung gibt die am Schlusse dieses Abschnitts angeführte Litteratur.

In Giessereien, welche Oefen, Kochgeschirre und ähnliche Gegenstände fertigen, pflegt man unmittelbar auf die Arbeit des Putzens ein **Schleifen** auf Schleifsteinen folgen zu lassen, um vollständiger, als es in der Putzerei möglich war, die Spuren der Eingüsse, Grate, Fehlstellen zu beseitigen, die Ränder abzuschleifen u. s. w. Ein kreisrunder Schleifstein von 2 bis 3 m Durchmesser, 250 bis 300 mm Breite, aus grobkörnigem Sandstein oder Granit gefertigt, wird mit einer quadratischen Oeffnung über eine wagerechte Achse geschoben und erhält von dieser aus seine Drehung mit 60 bis 90 Umdrehungen in der Minute. Der Antrieb erfolgt durch Dampf- oder Wasserkraft; als erforderlichen Arbeitsaufwand kann man 2 bis 3 Pferdestärken veranschlagen. Die untere Hälfte des Steins läuft in einer ausgemauerten Vertiefung des Bodens; vor der oberen Hälfte sitzt der Arbeiter und drückt die zu schleifenden Gegenstände dagegen. Man schleift trocken oder mit Wasser. Im ersteren Falle geht die Arbeit etwas rascher von statten, aber der Schliff wird weniger fein und der Arbeiter wird mitunter durch den Schleifstaub belästigt; beim Schleifen mit Wasser lässt man es durch eine Rinne von oben her über den Stein rieseln und unten abfliessen. Die Beschaffenheit des Steins selbst spricht dabei mit, ob das trockene oder nasse Schleifen vorzuziehen ist.

In neuerer Zeit hat man vielfach an Stelle der grossen Schleifsteine kleine, rasch laufende Schmirgelscheiben zum Schleifen der Gusswaren eingeführt.

Viele Gusswaren erhalten in der **Schlosserei** eine weitere Bearbeitung. Andere werden den Maschinenbauwerkstätten überwiesen, um teils auf Werkzeugmaschinen, teils mit Hilfe von Meissel und Feile bearbeitet zu werden.

In fast allen Fällen aber erhalten die Gusswaren, wenn sie ihrer Form nach vollendet sind, einen schützenden oder verschönernden Ueberzug, dessen Beschaffenheit wieder nach der Art und der Verwendung der Gegenstände verschieden sein kann.

Gröbere Gusswaren, welche vor Rost geschützt werden sollen, insbesondere Gas- und Wasserleitungsröhren, pflegt man mit einem sogenannten **Asphaltüberzuge** zu versehen. Er besteht im wesentlichen aus eingekochtem Steinhohlenteer, dem man wohl etwas käuflichen Asphalt in Stücken zusetzt, um das Einkochen zu beschleunigen; auch durch Zusatz einer geringen Menge gebrannten Kalks erhält der Teer rascher eine dickflüssige Beschaffenheit. Das Einkochen muss soweit fortgesetzt werden, bis die Masse in der Kälte nicht mehr fliesst, beim Erwärmen dagegen noch dünnflüssig wird. Die Herstellung des Ueberzuges kann durch Eintauchen entweder der kalten Eisenwaren in die erhitzte Flüssigkeit oder der erhitzten Eisenwaren in die nur wenig erwärmte Flüssigkeit bewirkt werden. Letzteres Verfahren ist meistens vorzuziehen, da die Flüssigkeit in die Poren des heissen Eisenstücks besser als in die des kalten eindringt (vergleiche auch Röhrenguss im nächsten Abschnitte).

Gegenstände, welche als Zierrat zu diesen bestimmt sind, werden **mit Farbe angestrichen, gefirnisst, lackiert,** auch wohl **mit Blattgold vergoldet.** Alle diese Arbeiten verleihen dem Eisen, wenn sie mit Sorgfalt ausgeführt werden, auch einen Schutz gegen das Rosten.

Noch andere Gussarten werden **auf galvanischem Wege** mit anderen Metallen — Gold, Silber, Nickel, Kupfer, Messing u. s. w. — überzogen. Es lassen sich dadurch ausgezeichnete Wirkungen hervorbringen; aber jeder kleine Fehler im Gusse tritt bei diesen galvanisch überzogenen Gegenständen weit schärfer hervor, als wenn sie mit Farbe überzogen werden, und einen Schutz gegen das Rosten vermögen die galvanischen Ueberzüge nicht zu gewähren. Sie eignen sich deshalb fast nur für Kunstgussgegenstände, welche sehr sauber gegossen sind und in trockenen Räumen aufbewahrt werden. Wollte man durch einen späteren Lacküberzug solchen Gegenständen einen Schutz gegen das Rosten verleihen, so würde die Schönheit der Metallüberzüge durch den eigentümlichen Lackglanz beeinträchtigt werden.

Ist der Gussgegenstand, wie z. B. Kochgeschirre, starken chemischen Einflüssen unterworfen, so versieht man ihn mit einem **Email- oder Schmelzüberzuge.**

Email oder Schmelz nennt man ein Silikat, welches, bei einer niedrigeren Temperatur schmelzbar als das Metall, für welches es als Ueberzug bestimmt ist, durch Aufschmelzen auf dessen Oberfläche haftbar gemacht wird, so dass es nach dem Erkalten einen glasartigen Ueberzug bildet. Der Schmelz muss daher nicht nur fest an der Ober-

fläche haften und Temperaturveränderungen ertragen, ohne abzuspringen, sondern er muss auch chemisch wiederstandsfähig sein, und vor allen Dingen, sofern Kochgeschirre emailliert werden, darf er keine gesundheitsgefährlichen Körper, z. B. Bleioxyd, enthalten. Gerade diese Bedingung ist eine schwierige Klippe für das Gelingen des Verfahrens, da besonders das Bleioxyd ein vorzüglich bewährter Zusatz sein würde, um dem Schmelzglase Leichtflüssigkeit, Haftbarkeit, Haltbarkeit in verschiedenen Temperaturen zu verleihen.

Die Hauptbestandteile der Schmelze für Kochgeschirre sind Kieselsäure, Alkalien, Thonerde, Kalkerde, Magnesia; mitunter wird auch Baryt als Zusatz gegeben, und häufig führt man auch Borsäure, Phosphorsäure und Fluor in die Schmelze. Denn durchschnittlich sinkt der Schmelzpunkt eines Silikats um so tiefer, und die Verarbeitung wird um so mehr erleichtert, je grösser die Zahl der verschiedenen in dem Silikate anwesenden Körper ist. Ein Silikat aus Kieselsäure und Alkalien würde zwar leichtflüssig genug, aber wenig widerstandsfähig gegen chemische Einwirkungen sein; ein Silikat mit nur einer der übrigen Basen würde nicht leichtflüssig genug sein. Deshalb vereinigt man eine grössere Zahl derselben, und ebenso wie die Basen nebeneinander bewirken auch Borsäure, Phosphorsäure, Fluor neben der Kieselsäure Erniedrigung des Schmelzpunktes.

Als Rohstoffe für die Schmelzdarstellung werden demnach zur Einbringung jener Bestandteile in die Schmelze Quarz, Borax, Soda, Feldspat, Magnesia, Marmor, Granit, Flussspat, Kryolith ($Na_6\,Al_2\,Fl_{12}$) u. a. m. benutzt. Eine bestimmte, für alle Fälle gültige Vorschrift für die Verwendung dieser Körper lässt sich nicht geben, da ihre Zusammensetzung ganz erhebliche Abweichungen zeigen kann.

Ein Glas, nur aus den erwähnten Körpern bestehend, ist aber durchsichtig und farblos. Wollte man damit Gusseisen überziehen, so würde das Metall in unschöner Weise hindurchscheinen. Man gibt also noch einen Zusatz, welcher undurchsichtig macht und zugleich färbt; das vornehmste Mittel hierfür ist Zinnoxyd, welches dem Schmelz eine reine weisse Farbe verleiht.

Endlich aber ist zu erwägen, dass unter Umständen durch die Kohle des Eisens in der Temperatur, welche zum Aufschmelzen des Schmelzes erforderlich ist, reduzierende Einflüsse hervorgerufen werden können, welche im stande sind, das Gelingen des Verfahrens zu vereiteln. Ein Teil des zugesetzten Zinnoxyds kann reduziert werden, die weisse Farbe wird zerstört, durch die Kohlenoxydgasbildung erhält der Schmelz eine blasige, löcherige Beschaffenheit. Es kommt hinzu, dass ein Eisenoxydulgehalt des Schmelzes, welcher aus manchen der genannten Rohstoffe in die Mischung geführt wird, eine grüne bis schwarze Färbung erzeugt, welche aber verschwindet, wenn das Eisenoxydul zu Eisenoxyd oxydiert wird. Aus diesen Gründen pflegt man dem Schmelz auch solche Zusätze zu geben, welche lediglich den Zweck haben, oxydierend zu wirken; in den meisten Fällen benutzt man hierfür Salpeter.

Wollte man nun jenen leichtflüssigen Schmelz unmittelbar auf das Eisen aufschmelzen, so würde es dennoch leicht geschehen, dass er

löcherig würde und bei der Benutzung abspränge. Man umgeht diesen Uebelstand, indem man zwischen dem Eisen und dem eigentlichen Schmelz eine Zwischenschicht durch Aufbrennen auf das Eisen einschaltet, welche, strengflüssiger als der eigentliche Schmelz und frei von Zinn, auch in heller Rotglut nur zum Sintern gelangt, trotzdem aber fest auf dem Eisen haftet und somit jene nachteiligen Folgen einer unmittelbaren Berührung zwischen dem Eisen und dem Schmelze beseitigt.

Man unterscheidet demnach bei der Emaillierung von Kochgeschirren zwei verschieden zusammengesetzte, übereinander aufgetragene Schichten: zu unterst den strengflüssigen Grund oder die Grundmasse, zu oberst die weniger strengflüssige Glasur, Deckmasse oder den eigentlichen Schmelz.

Der Grund enthält 65 bis 75 v. H. Kieselsäure, daneben Borsäure und die oben genannten Basen, vorwiegend Thonerde und Magnesia; die Deckmasse dagegen enthält nur 30 bis 40 v. H. Kieselsäure, daneben Borsäure, Phosphorsäure, Fluor, die sämtlichen genannten Basen nebst Zinnoxyd und Salpeter.

Man schmelzt sowohl zur Bereitung des Grundes als der Deckmasse die einzelnen Bestandteile zusammen, mahlt die Schmelze zu einem feinen Pulver, rührt es mit Wasser zu einem dünnen Brei an und überzieht mit diesem den zu emaillierenden Gegenstand in dünner Schicht. Zuerst wird in dieser Weise der Grund aufgetragen und eingebrannt; dann folgt in der nämlichen Weise das Auftragen und Einbrennen der Deckmasse. Zum Einbrennen bedient man sich eines auf helle Rotglut erhitzten Muffelofens, in welchem die Gegenstände jedesmal 10 bis 20 Minuten verweilen; dann nimmt man sie heraus und lässt sie allmählich erkalten.

Litteratur.

Zur allgemeinen Belehrung über sämtliche erwähnte Arbeiten:

A. Ledebur, Mechanisch-metallurgische Technologie. 2. Auflage. Braunschweig 1897.

Ueber Schlosserei:

A. Lüdicke, Der Schlosser. Praktisches Handbuch für Schlosser aller Zweige. Enthaltend: Gewinnung, Eigenschaften und Bearbeitung der Metalle; Beschläge für Fenster und Thüren; Anordnung und Bau der Schlösser und Sicherheitsschlösser; Anlage von Blitzableitern, Gas- und Wasserleitungen und Haustelegraphen. Zweite verbesserte Auflage. Leipzig 1891.

Fink, Die Schule des Bauschlossers. 3. Auflage. Leipzig 1880.

Ueber Schleifen und Polieren:

G. A. Siddon, Praktischer Ratgeber in der Kunst des Schleifens, Polierens und Färbens der Metalle, der Steinarten, des Holzes, Elfenbeins, Horns und Glases, sowie der Lackierungen. 5. Auflage; von E. Nöthling, Leipzig 1897.

Ueber galvanische Arbeiten:

Dr. Fr. Binder, Handbuch der Galvanoplastik oder die Elektrochemie in ihrer Anwendung, Gegenstände in Metall nachzubilden oder mit Metall zu überziehen. 5. Auflage. Leipzig 1884.

G. Langbein, Handbuch der galvanischen Metallniederschläge. 3. Auflage. Leipzig 1895.

H. Steinach und G. Buchner, Die galvanischen Metallniederschläge und deren Ausführung. Berlin 1890.

G. Buchner, Die Metallfärbung und deren Ausführung. Berlin 1891.

Fr. Hartmann, Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verstählen und das Ueberziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. 3. Auflage. Wien, Pest, Leipzig 1899.

W. Pfanhauser, Elektroplattierung, Galvanoplastik, Metallpolierung. 4. Auflage. Wien 1900.

Ueber Anstreichen, Firnissen, Lackieren:

H. Creuzburg, Lehrbuch der Lackierkunst. 10. Auflage, bearbeitet von R. Tormin. Leipzig 1884.

Chr. Hagdorns, Anstreicher. Ein Leitfaden für den Zimmer- und Dekorationsmaler, Wagen-, Möbel- und Metall-Lackierer. 6. Auflage von C. Ruck. Leipzig 1896.

Dr. Treumann, Ueber Farbenanstriche, Lacküberzüge und die zu deren Herstellung verwendeten Materialien. Glasers Annalen für Gewerbe- und Bauwesen, Band XVII, Seite 125.

Fr. Kick, Ueber chemisch-physikalische Untersuchung der gebräuchlichsten Eisenanstriche. Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architektenvereins 1895, Seite 627; auch „Stahl und Eisen“ 1896, Seite 221.

Ueber Emaillieren:

Paul Randau, Die Fabrikation der Emaille und das Emaillieren. 3. Auflage. Wien, Pest, Leipzig 1900.

F. Luthmer, Das Email. Handbuch der Schmelzarbeit. Leipzig 1892.

Sechster Abschnitt.

Von der Herstellung bestimmter Gusswaren-Gattungen.

I. Gewöhnlicher Maschinen- und Bauguss.

Die Erfindung der Dampfmaschine in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts hatte eine mächtige bis zur Jetztzeit fortschreitende Entfaltung des gesamten Maschinenbaues zur Folge. Der Maschinenbau aber gebrauchte Gusseisenteile in reichlicher Zahl und von oft beträchtlichem Gewichte; demgemäss änderten sich auch die Ziele der Eisengiessereien. Während bis dahin Oefen und Gegenstände des Haushalts, unmittelbar aus dem Hochofen gegossen, das Haupterzeugnis fast aller Eisengiessereien gebildet hatten, Maschinenguss nur hier und da nebensächlich betrieben wurde, trat die Anfertigung des letzteren mehr und mehr in den Vordergrund. Zahlreiche Fabriken für Maschinenbau blüheten empor mit eigenen Eisengiessereien, in welchen fast nur Maschinenteile gegossen wurden; auch ältere Giessereien fanden es häufig ratsam, neben dem bisher gepflegten Zweige Maschinenbau zu betreiben, um der Zeitströmung Rechnung zu tragen.

Zahlreiche Fortschritte des Form- und Giessverfahrens verdanken wir dem Umstande, dass die Ansprüche, welche der Maschinenbauer an die Leistung des Eisengiessers stellte, immer vielseitiger wurden, je mehr die Maschinen sich vervollkommneten, und je mehr die Zahl der Gebiete sich vergrösserte, auf welchen nach und nach die Handarbeit durch Maschinenarbeit ersetzt wurde.

Auch für bauliche Zwecke fand das Gusseisen seit jener Zeit häufigere Benutzung als zuvor. Denn der Preis des Gusseisens sank mit zunehmendem Bedarfe, da die Rohstoffe für seine Darstellung in reichlicher Menge vorhanden waren; der Preis des Holzes aber, an dessen Stelle das Gusseisen vielfach trat, stieg.

Obgleich in neuester Zeit Stahl und Flusseisen im Maschinenbau vielfach an Stelle des Gusseisens getreten sind, wo eine sehr hohe

Festigkeit der gegossenen Teile angestrebt wird, behauptet letzteres doch hinsichtlich der verbrauchten Menge immer noch den Vorrang, und voraussichtlich wird in Rücksicht auf seinen niedrigeren Preis und seine leichtere Verarbeitbarkeit ihm dieser Vorrang noch für lange Zeit, wenn nicht für immer, gewahrt bleiben. Unter allen Verwendungen des Gusseisens aber ist die Herstellung von Maschinenteilen in der Jetztzeit die umfangreichste, sowohl hinsichtlich der Mannigfaltigkeit der gefertigten Gussstücke, als der Menge des verwendeten Metalls.

Auch die Herstellung von Baugussteilen, meistens neben der Herstellung des Maschinengusses betrieben, bildet noch heute einen nicht unwichtigen Zweig der Eisengiesserei, obschon auch auf diesem Gebiete in den letzten Jahrzehnten mit guter Berechtigung das schmiedbare Eisen häufig das Gusseisen ersetzte.

Bei der grossen Verschiedenheit in Form, Grösse und Verwendung der unter Bau- und Maschinenguss fallenden Gegenstände ist es unmöglich, bestimmte Regeln für das Formen und Giessen jener Gusswaren zu geben. Man formt in Sand, Masse oder Lehm, im Herde, Formkasten oder frei, mit oder ohne Formmaschinen, je nachdem die Umstände es so oder so zweckdienlich erscheinen lassen. Dagegen mögen einige Regeln über die Auswahl des Roheisens hier folgen.

Man schmelzt fast ausnahmslos im Kupolofen. Nur für den Guss sehr grosser Stücke wird in einigen Giessereien der Flammofen in Benutzung genommen. Die Gründe hierfür sind bereits früher bei Besprechung des Flammofenschmelzens erörtert worden.

Die meisten Maschinen- und Baugussteile erheischen ein graues, leicht bearbeitbares, wenig schwindendes und die Gussformen auch in dünnen Querschnitten leicht ausfüllendes Gusseisen von mittlerer Festigkeit. Diesen Erfordernissen würde ein Eisen entsprechen mit einem Siliciumgehalte nicht unter 1,5 % und nicht über 2,5 %, einem Mangangehalte von höchstens 1,5 %, einem Phosphorgehalte, welcher in den gewöhnlicheren Fällen bis 1 %, oder auch wohl noch etwas darüber betragen kann, und einem Kohlenstoffgehalte von ungefähr 3,5 %, welchen die meisten Gusseisensorten ohnehin beim Kupolofenschmelzen annehmen.

Da von dem Siliciumgehalte die Graphitbildung abhängt (Seite 12), der Graphitgehalt aber den Ausschlag gibt für das Schwindmass und die Bearbeitungsfähigkeit des Gusseisens, ist die richtige Bemessung des Siliciumgehalts vor allem wichtig. Hierbei ist nun aber zu berücksichtigen, dass ein übermässiger Silicicium- und Graphitgehalt die Festigkeit verringert, auch zur Garschaumbildung (Seite 13) Veranlassung geben kann; ferner, dass bei gleichem Siliciumgehalte der Graphitgehalt in rascher erkaltenden Abgüssen niedriger als in langsamer erkaltenden ausfällt. Daher erheischen kleine Gussstücke ein siliciumreicheres Eisen als grosse, solche, die in grünem Sande gegossen werden, ein siliciumreicheres, als die in getrockneten Formen (Masse- oder Lehmformen) zu giessenden. Für sehr grosse, in getrockneten Formen zu giessende Gegenstände (z. B. schwere Walzen) ist ein Siliciumgehalt von 1 % ausreichend zur Erzielung bearbeitungsfähiger

Abgüsse. Wüst giebt auf Grund eines Vergleichs der chemischen Zusammensetzung und des Verhaltens zahlreicher Abgüsse folgende Grenzwerte des erforderlichen Siliciumgehalts [1]):

für Gussstücke	unter 10 mm	Wandstärke	Siliciumgehalt	2,5 bis 2,3 %
„ „	von 10 bis 20 mm	„	„	2,1 „ 2,3 „
„ „	„ 20 „ 30 „	„	„	1,9 „ 2,1 „
„ „	„ 30 „ 40 „	„	„	1,7 „ 1,9 „
„ „	„ 40 mm u. darüber	„	„	1,5 „ 1,7 „

Der Mangangehalt soll hierbei nicht über 0,8 v. H. hinausgehen.

Bei der Auswahl des zu verschmelzenden Roheisens spielt in Rücksicht auf den Massenverbrauch für diese Zwecke auch der Preis eine wichtige Rolle.

Häufig benutzt man ein phosphorreiches, deshalb billiges und leichtflüssiges Roheisen als Grundstoff und setzt ihm nach Erfordernis phosphorärmere Sorten zu, um die durch einen hohen Phosphorgehalt bedingte Sprödigkeit des Gusseisens abzumindern. In deutschen Eisengiessereien verwendet man als solches phosphorreiches, billiges Roheisen entweder englisches aus der Umgegend von Middlesborough oder lothringer (auch luxemburger). Das englische Roheisen enthält durchschnittlich 1,4 % Phosphor und 0,7 % Mangan; das lothringer und luxemburger 1,8 % Phosphor und 0,5 % Mangan. Der Nachteil eines höheren Phosphorgehalts in den letzteren Roheisensorten wird durch den Vorteil ihres geringen Mangangehalts ausgeglichen; erfahrungsmässig eignen sich das lothringer und luxemburger Roheisen nicht minder gut als das englische für die hier in Rede stehenden Zwecke.

Der Siliciumgehalt aller genannten Roheisensorten pflegt 2 bis 3 % zu betragen, ist demnach ausreichend hoch, um auch ihre Verwendung als Zusatz zu siliciumärmerem Eisen (z. B. Brucheisen) zu ermöglichen.

Je dünner die Querschnitte der gefertigten Gusswaren oder je stärkeren Erschütterungen diese ausgesetzt sind, desto deutlicher macht sich der nachteilige Einfluss des Phosphorgehalts bemerkbar, desto reichlicher muss der Zusatz phosphorärmeren Eisens zu jenen phosphorreichen Sorten bemessen werden. Bisweilen benutzt man als Zusatz auch jetzt noch in deutschen Giessereien das in der Umgegend von Glasgow erblasene schottische Giesserei-Roheisen, welches durchnittlich 0,7 % Phosphor und 1,5 % Mangan bei 2,5 bis 3 % Silicium enthält; ähnliche Roheisensorten werden auch von verschiedenen deutschen Hochofenwerken geliefert [2]). Wirksamer zur Abminderung des Phosphorgehalts, wenn auch im Einkaufe durchschnittlich etwas kostspieliger, ist sogenanntes Hämatitroheisen. Eigentliches Hämatitroheisen wird nur aus Roteisenerzen erblasen und ist sehr arm an Phosphor und Mangan (z. B. das cumberländer Hämatitroheisen); allgemein wendet man die Bezeichnung für solche Roheisensorten an, deren Phosphorgehalt nicht über 0,1 % hinausgeht, auch wenn zu ihrer Erzeugung nicht allein Roteisenerze benutzt wurden und der Mangangehalt bis 1,5 % beträgt.

---

[1]) „Stahl und Eisen“ 1897, Seite 848.

[2]) Analysen schottischen, englischen und deutschen Giessereiroheisens sind auf Seite 22 mitgeteilt.

Nun erfolgt aber bei jeder Eisengiesserei regelmässig eine grössere Menge Bruch- und Abfalleisen, welches neben dem Roheisen aufgearbeitet werden muss. Es würde unwirtschaftlich sein, Vorräte hiervon anzusammeln. Dieses Eisen ist bereits umgeschmolzen; es ist silicium- und auch manganärmer als das ursprünglich benutzte Roheisen, während sein Phosphorgehalt fast ganz unverändert geblieben ist. Von der Menge des täglich erfolgenden und zum Einschmelzen bestimmten Brucheisens muss das zu wählende Verhältnis zwischen Roheisen und Brucheisen abhängen; meistens bewegt es sich zwischen $^2/_3$ bis $^3/_2$. Hat man viel Brucheisen zur Verfügung, ist also der Roheisenzusatz verhältnismässig niedrig, so hat man ein siliciumreicheres Roheisen zu wählen, damit den Gusswaren ihr erforderlicher Siliciumgehalt, wie oben angegeben, gewahrt bleibe und sie nicht zum Weisswerden geneigt werden; ist man umgekehrt gezwungen, viel Roheisen neben wenig Brucheisen zu verwenden, so kann man ein etwas siliciumärmeres Roheisen wählen, oder man mischt ein siliciumreiches mit einem solchen, dessen Siliciumgehalt nicht höher ist als der des Brucheisens, und welches demnach billiger zu erhalten ist.

Für besondere Zwecke kann es nützlich sein, eigene Roheisenmischungen zu wählen, deren Zusammensetzung nicht den hier erörterten Grundsätzen entspricht.

Liegt z. B. die Aufgabe vor, Gegenstände von besonders hoher Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen zu giessen, so würde die Wahl eines so phosphorreichen Eisens, wie es für die gewöhnlichen Zwecke gut brauchbar ist, gefahrbringend sein. Auch ein sehr hoher Siliciumgehalt neben viel Kohle ist nicht erwünscht, und der Mangangehalt soll thunlichst niedrig sein[1]). Alle sonstigen zufällig anwesenden Fremdkörper wirken nachteilig; ein thunlichst reines Eisen, nur soviel Kohle und Silicium nebeneinander enthaltend, als zur Graueisenbildung erforderlich ist, ist das vorzüglichste für diesen Zweck.

Auf verschiedene Weise kann man zum Ziele gelangen.

Mit Vorliebe benutzt man Holzkohlenroheisen, aus phosphor- und manganarmen Erzen erblasen, dem man beim Umschmelzen, falls es an und für sich zu siliciumarm und deshalb zum Weisswerden geneigt sein sollte, nur soviel graues, ebenfalls phosphorarmes Koksroheisen zusetzt, als für die Zuführung des fehlenden Siliciumgehalts erforderlich ist.

Ein anderes, vielfach bewährtes Mittel zur Erzielung festen Gusseisens ist der Zusatz von Stahlabfällen (welche jedoch nicht verrostet sein dürfen) zu einem an und für sich schon gutartigen Roheisen. Bei der Berührung mit den glühenden Koks im Kupolofen nimmt der Stahl Kohlenstoff auf, wird dadurch Roheisen und zwar graues Roheisen, wenn der Siliciumgehalt des geschmolzenen Metallgemischs ausreichend hoch ist. Von dem Siliciumgehalte des Roheisens muss also das Verhältnis des Stahlzusatzes abhängen. Enthält ersteres beispielsweise 2,5 % Silicium, so kann man für den Guss von Gegenständen mit starken Querschnitten bis zu 30 % des Roheisengewichts Stahl-

[1]) Vergleiche die früheren Erörterungen über den Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf die Festigkeitseigenschaften.

abfälle zusetzen, ohne fürchten zu müssen, dass das Gusseisen weiss und spröde werde; will man auch Brucheisen mit verschmelzen[1]), so würde man bei gleichem Verhältnisse des Stahlzusatzes entweder ein siliciumreicheres Roheisen wählen müssen, oder eine entsprechende Menge Siliciumeisen beizufügen haben.

Ein drittes, in neuerer Zeit mehrfach erprobtes Mittel zur Erlangung eines Gusseisens von hoher Festigkeit ist das Zusammenschmelzen von Siliciumeisen mit weissem, mangan- und phosphorarmem Roheisen, unter Umständen unter Zusatz von Brucheisen, Stahl oder auch grauem Holzkohlenroheisen, jedenfalls aber in solchen gegenseitigen Gewichtsverhältnissen, dass graues Eisen entsteht. Einige solcher Mischungen sind bereits bei Besprechung der Festigkeitseigenschaften des Eisens im ersten Abschnitte erwähnt worden; zahlreichere Beispiele enthält die mehrfach genannte Schrift: C. Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, Berlin 1890.

Sollen die zu giessenden Maschinenteile einer weitgehenden Bearbeitung unterzogen werden und sich hierbei dicht, d. h. frei von Saugstellen und Gasblasen, erweisen (Dampfcylinder, Gebläsecylinder, Teile zu Werkzeugmaschinen, und viele andere Gegenstände), so kommt es darauf an, ein möglichst wenig schwindendes und nicht zur Entwickelung von Gasen neigendes Eisen zu benutzen. Ein ziemlich hoher Siliciumgehalt (etwa 2 % oder auch wohl noch etwas darüber) ist zur Erreichung des Ziels förderlich, ein hoher Mangangehalt nachteilig. Meistens sollen diese Gegenstände auch einen mässigen Härtegrad besitzen, um widerstandsfähig gegen die Abnutzung zu sein; aus diesem Grunde ist ein allzu reichlicher Graphitgehalt, hervorgerufen durch einen hohen Gesamtkohlenstoffgehalt neben dem angegebenen Siliciumgehalte, nicht erwünscht. 2,8 bis 3,25 % Gesamtkohlenstoff sind ein geeignetes Mass für diesen Zweck; je höher der Siliciumgehalt ist, desto niedriger muss der Gesamtkohlenstoffgehalt sein. Zur Erlangung eines solchen Gusseisens kann man beispielsweise graues siliciumreiches Hämatitroheisen mit graphitärmerem Brucheisen (dessen Zusatz aus den schon in der Fussanmerkung mitgeteilten Gründen immerhin nützlich sein kann) und einer gewissen Menge von Stahlabfällen (ungefähr 10 % vom Gewichte des Einsatzes, wobei jedoch der durchschnittliche Siliciumgehalt des Roh- und Brucheisens massgebend bleiben muss) zusammenschmelzen. Jüngst empfiehlt in seiner mehrfach genannten Schrift auch für diesen Zweck die Benutzung von Siliciumeisen als Zusatz zu weissem Roheisen; z. B. 20 Teile 10 prozentigen Siliciumeisens mit 80 Teilen weissen, mangan- und kohlenstoffarmen Holzkohlenroheisens, nach dem Schmelzen 2,24 % Silicium, 2,71 % Gesamtkohlenstoff, 0,45 % Mangan, 0,93 % Phosphor enthaltend, für Riemenscheiben, Räder, Cylinderdeckel mit vorzüglichem Erfolge benutzt; oder 18 Teile 10 prozentigen Siliciumeisens mit 82 Teilen weissen manganarmen Roh-

[1]) Der Zusatz von Brucheisen ist in verschiedener Beziehung nützlich. Da es aus dünneren Stücken als die Roheissenmasseln zu bestehen pflegt, schmilzt es rascher als diese und trägt zur Erzielung einer stärker überhitzten Giessmaterials bei; schmelzt man Stahlabfälle, so wird es früher als diese flüssig, löst die niederrückenden Stahlstücke auf und befördert hierdurch auch deren Schmelzung.

eisens, ungefähr 2 % Silicium neben 2,2 % Gesamtkohlenstoff enthaltend [1]), vortrefflich bewährt beim Gusse grösserer Maschinenteile (Pumpencylinder, Ventilkästen und anderer); oder ähnliche Mischungen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass gerade für die hier in Rede stehen- Verwendungen jene Mischungen aus kohlenstoff- und manganarmem weissem Roheisen mit Siliciumeisen sich besonders gut bewähren müssen, da die anzustrebende chemische Zusammensetzung — verhältnismässig hoher Siliciumgehalt bei niedrigem Kohlenstoffgehalte und geringem Mangangehalte — sich kaum auf einem anderen Wege mit gleicher Sicherheit erzielen lassen wird.

Das im übrigen bei Anfertigung solcher Maschinenteile alle jene früher besprochenen Kunstgriffe und Vorsichtsmassregeln erhöhte Beachtung finden müssen, welche auf Erlangung dichter Gusstücke hinzielen, bedarf kaum besonderer Erwähnung.

2. Röhrenguss.

Nächst dem Maschinen- und Bauguss ist der Röhrenguss derjenige Zweig des Eisengiessereibetriebes, welcher die grösste Menge von Gusseisen verbraucht, und aus diesem Grunde nimmt er auch in wirtschaftlicher Beziehung eine hervorragende Stellung ein.

Vorzugsweise sind es Muffenröhren, deren massenhafter Verbrauch dem Röhrengusse jene Wichtigkeit verschafft hat. Scheiben- oder Flantschenröhren sind kostspieliger als Muffenröhren und finden nur da Benutzung, wo häufige Auswechselungen erforderlich sind, oder wo die übliche Verdichtungsweise der Muffen nicht dem Zwecke entspricht; z. B. bei Dampfleitungen [2]).

Die hauptsächlichste Verwendung finden jene Muffenröhren bei dem Baue und der Unterhaltung von Gasleitungen, Wasserleitungen und den Anlagen für die Abführung von Fäkalstoffen (Berlin). Mit dem Wachstum der Städte steigert sich alljährlich der Bedarf an gusseisernen Röhren für derartige Anlagen.

Dennoch ist die Benutzung des Gusseisens für diese Zwecke noch nicht sehr alt. Gasleitungen und Leitungen für Abfallstoffe entstanden erst im Laufe des neunzehnten Jahrhunderts; für Wasserleitungen benutzte man in früheren Zeiten gemauerte Kanäle, Holzröhren und — bei kleineren Abmessungen — Bleiröhren.

Die ersten Gusseisenröhren sollen im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts gegossen und für Zwecke des Bergbaues verwendet worden sein; eine grössere gusseiserne Wasserleitung wurde von einer französischen Eisengiesserei für die Wasserkünste zu Versailles geliefert. Man verwendete Scheibenröhren, in Lehm gegossen, von höchstens 20 cm Durchmesser. Muffenröhren scheinen erst im achtzehnten Jahr-

---

[1]) Die Ziffern beruhen auf Schätzung, da eine Untersuchung des Gusseisens in diesem Falle nicht angestellt wurde.

[2]) Näheres über die übliche Form und Abmessungen der Röhren enthalten die meisten technischen Taschenbücher und Kalender; vergleiche auch B. Salbach, Die Wasserleitung, 2. Auflage, Halle 1876.

hunderte in Gebrauch gekommen zu sein; auch ersetzte man in dieser Zeit den Lehmguss durch Sandguss[1]).

Trotz dieser Fortschritte vermochte jedoch der Röhrenguss auch in jener Zeit noch nicht eine besondere Wichtigkeit zu erlangen. Die einzige Verwendung der Röhren war die Anlage von Wasserleitungen; den Rohrlegern aber fehlte die nötige Erfahrung im Verlegen und Verdichten. Trotz der sehr bedeutenden Wandstärken, welche man den Röhren der damaligen Zeit gab, kamen häufige Rohrbrüche vor, und man betrachtete deshalb mit Misstrauen die Verwendung des Gusseisens für diesen Zweck.

Erst als im zweiten Jahrzehnte des vergangenen Jahrhunderts die Gasbeleuchtung anfing, Ausdehnung zu gewinnen, war man gezwungen, dem Röhrengusse grössere Aufmerksamkeit zuzuwenden; denn es gab in der That keinen anderen Stoff, als das Gusseisen, welches geeignet gewesen wäre, den plötzlich entstandenen Massenbedarf an dicht schliessenden Röhren von grösseren Durchmessern zu decken. Mit der Zunahme des Verbrauchs wuchsen die Erfahrungen in der Herstellung und im Verlegen, und so schwanden bald auch die Bedenken, welche man bis dahin noch einer allgemeineren Benutzung des Gusseisens für Wasserleitungsröhren entgegengesetzt hatte. Infolge hiervon bildete sich der Röhrenguss zu einem Sonderzweige des Eisengiessereibetriebes aus, und das Verfahren dabei erlangte im Laufe der Jahrzehnte ein hohes Mass der Vollkommenheit.

Eine Röhre, sie möge für das Hindurchleiten von Flüssigkeiten oder von Gasen bestimmt sein, muss dicht, d. h. undurchlässig für den hindurchgeleiteten Körper sein; sie muss aber auch eine genügende Festigkeit besitzen, um nicht allein dem Drucke innerhalb der Leitung, welcher bei Hochdruckwasserleitungen 8 Atmosphären und darüber betragen kann, mit Sicherheit Widerstand zu leisten, sondern auch Erschütterungen und Stösse ohne Gefahr für den Bruch zu ertragen, welche besonders bei Wasserleitungen wegen des sogenannten Schlagens des Wassers oft sehr beträchtlich sind. Die Beanspruchung, welcher die Röhren während des Gebrauchs Widerstand zu leisten im stande sein müssen, wird von vornherein vorgeschrieben; bei grösseren Lieferungen pflegt auch seitens des Empfängers das zur Beurteilung der Brauchbarkeit der Röhre anzustellende Prüfungsverfahren bestimmt zu werden. Wasserleitungsröhren setzt man behufs Vornahme dieser Prüfung mit Hilfe einer Druckpumpe einem vorgeschriebenen höheren Wasserdrucke (10 bis 20 Atmosphären) aus und hämmert die Röhre von aussen, während der Druck von innen aufrecht erhalten wird; es darf dabei weder ein Zerplatzen des Rohrs eintreten, noch ein Durchschwitzen von Feuchtigkeit bemerkbar sein[2]). Gasleitungsröhren werden

[1]) Eine Beschreibung des Röhrengusses im vorigen Jahrhunderte mit schönen Abbildungen enthält das Buch: M. de Courtivron et M. Bouchu, Art des forges et fourneaux à fer, section III, p. 124.

[2]) Das Prüfungsverfahren ist zwar allgemein in Anwendung, aber sehr roh. Obgleich das Gewicht der Hämmer vorgeschrieben ist, mit denen das unter Druck stehende Rohr bearbeitet wird, können die mit der Prüfung betrauten Arbeiter doch ihren Hammer mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit niederfallen lassen und dadurch verschieden starke Schläge ausüben. Böswillige Arbeiter können auch gute Rohre zerschlagen. Eine Maschine wäre für diesen Zweck geeigneter.

mit der Luftpumpe unter Wasser, nachdem beide Enden luftdicht verschlossen waren, probiert, indem man Luft von 2 bis 3 Atmosphären Spannung einpumpt und dann prüft, ob Luftbläschen durch etwa vorhandene Poren der Rohrwände hindurch entweichen und im Wasser aufsteigen.

Genügen die Röhren diesen Anforderungen, so kann für den Empfänger das Gewicht der einzelnen Röhren ziemlich gleichgültig sein, sofern er, wie üblich, die Lieferung nicht nach Gewicht, sondern nach laufenden Metern bezahlt und ein gewöhnlich vereinbartes Minimalgewicht nicht unterschritten wird; das Bestreben des Liefernden aber muss selbstverständlich darauf gerichtet sein, Röhren zu liefern, welche bei möglichst geringer Wandstärke, gleichbedeutend mit möglichst geringem Gewichte, und bei möglichst geringem Verhältnisse der Ausschussstücke die vorgeschriebenen Bedingungen erfüllen. Abgesehen von der Güte des verwendeten Gusseisens, welche allerdings hierbei einen wichtigen Umstand bildet, wird jenes Ziel um so vollständiger erreicht werden, je dichter, d. h. freier von Gasblasen und fremden Körpern der Guss und je gleichmässiger die Wandstärke der Röhre an allen Stellen des Querschnitts ist.

Die Herstellung solcher dichten und gleichmässig starken Röhren kann mit Sicherheit nur gelingen, wenn man sie stehend, d. h. mit senkrechter Achse, giesst. Beim liegenden Gusse (wobei die Achse der Gussform wagerechte oder geneigte Stellung einnimmt) würde es nicht möglich sein, eine Verbiegung des langen Kerns, also die Entstehung ungleicher Wandstärken der Rohre ohne Anbringung zahlreicher Kernsteifen zu verhüten. Die Kernsteifen aber, welche in den Abguss eingegossen werden, schmelzen nur selten vollkommen mit dem flüssigen Gusseisen zusammen, und da, wo eine Kernsteife sich befindet, zeigt sich der Gass gewöhnlich mehr oder minder undicht. Die Kernsteifen sind, wie schon früher hervorgehoben wurde, ein Notbehelf, welchen man soviel als irgend thunlich zu vermeiden suchen muss. Steht die Gussform senkrecht, so ist der Kern nicht mehr einer einseitigen Verbiegung preisgegeben, und die Kernsteifen sind entbehrlich. Ausserdem würden bei liegendem Gusse alle beim Giessen sich ausscheidenden fremden Körper (Garschaum, Gasblasen, mechanisch in die Form mitgerissene Ausscheidungen, losgerissene Sandteilchen u. a. m.), welche vermöge ihres geringeren spezifischen Gewichts das Bestreben besitzen, an die Oberfläche emporzusteigen, sich längs der Oberkante des Abgusses verteilen und hier die Dichtigkeit beeinträchtigen; bei stehendem Gusse sammeln sie sich in dem oberen Ende der Gussform, welche aus dem Eingusse oder einem verlorenen Kopfe bestehen kann, und bleiben hier unschädlich.

Um mit grösserer Sicherheit dichten Guss zu erhalten, giesst man in getrockneten Formen und verwendet als Formmaterial fetten Sand. Nur sehr kleine Röhren werden in ungetrockneten Formen, also in magerem Formsande, gegossen.

Die bei weitem grösste Zahl der gegossenen Röhren, besteht, wie erwähnt, aus Muffenröhren. Da die Muffe beim Verdichten stark in Anspruch genommen wird und bei ungenügender Festigkeit leicht zersprengt wird, pflegt man sie bei grösseren Röhren an das untere Ende

der Gussform zu verlegen, weil dieses aus den schon erörterten Gründen freier von Gasblasen u. s. w. und deshalb dichter ist.

Die gebräuchlichsten Abmessungen solcher gegossenen Muffenröhren schwanken zwischen 25 mm Durchmesser bei 1,5 m Länge und 1,3 m Durchmesser bei 4 m Länge.

In früherer Zeit formte man die Röhren in einem zweiteiligen Formkasten von gewöhnlicher Form nach dem auf Seite 240 beschriebenen Verfahren, brachte die Gussformen in die Trockenkammern, legte nach beendigter Trocknung den Kern ein, richtete die Gussformen mit Hilfe des Krahns auf, stellte sie in die Dammgrube und goss nun ab. Dieses Verfahren besass aber den Nachteil, dass die wagerecht eingelegten Kerne nicht immer beim Aufrichten vollständig gerade Achse erhielten; die Bewegung der Formen in die Trockenkammern und wieder hinaus war zeitraubend, und jeder Formkasten konnte im Laufe eines Tages gewöhnlich nur ein einziges Mal benutzt werden.

Man begann daher schon in den vierziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in Grossbritannien die Röhren senkrecht, also in der Stellung, wie sie später gegossen werden, in einem cylindrischen Kasten einzuformen, das Modell nach oben herauszuziehen, so dass ein Auseinandernehmen der Gussform vor beendigtem Gusse nicht erforderlich war, die Gussform von unten durch hindurchgeleitete heisse Gase zu trocknen und dann den Kern von oben her einzuhängen. Das ursprünglich zum Einformen mit Maschinen bestimmte Verfahren[1]) wurde später auch für Handformerei in französischen und deutschen Eisengiessereien weiter ausgebildet[2]) und seit Anfang der siebenziger Jahre allgemein in allen grösseren Röhrengiessereien eingeführt. Die Abbildungen Fig. 196 bis 199 zeigen der Reihe nach in $^1/_{40}$ der wirklichen Grösse einen Formkasten mit dem eingesetzten Modelle, eine Gussform während des Trocknens, eine zum Gusse fertige Gussform, eine Gussform von oben. Das gusseiserne Modell besteht, wie Fig. 196 erkennen lässt, aus zwei Teilen, dem cylindrischen Stücke c, welches an einer kräftigen, schmiedeisernen, oben zu einem Auge ausgeschmiedeten Spindel befestigt ist und mit dieser nach oben aus der Form gezogen wird, und dem Muffenmodelle d. Beide schliessen genau zusammen und das cylindrische Stück steckt zu diesem Zwecke mit einem kurzen gedrehten Ansatze in dem entsprechend ausgedrehten oberen Teile der Muffe; ausserdem geht die verlängerte und am unteren Ende gedrehte schmiedeeiserne Spindel durch eine ausgedrehte Oeffnung hindurch, welche sich in einem Querstege des Muffenmodells befindet, wodurch das richtige Einstellen des oberen Modells in das Muffenmodell nicht unerheblich erleichtert ist. Das Muffenmodell und später der Kern wird getragen von einem gusseisernen Deckel e, welcher den Formkasten unten abschliesst und bei kleineren Formkasten zum Abnehmen, bei grösseren zum Aufklappen eingerichtet ist, dessen richtige Lage

[1]) Vergl. Dinglers Polyt. Journal Bd. 104, S. 245; Bd. 137, S. 12; Bd. 140, S. 272; Bd. 176, S. 284; Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate Bd. 12, S. 324 ff.

[2]) Ueber den Betrieb der Röhrengiesserei zu Frouard bei Nancy: Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. 15, S. 237; Dinglers Polyt. Journal Bd. 189, S. 310.

gegen den Formkasten aber in allen Fällen gut gesichert ist. Damit auch das Modell in dem Deckel stets seine richtige Stellung erhalte, tritt es, wie die Abbildung zeigt, mit einem abgedrehten Ansatze in eine ausgedrehte Vertiefung des Deckels.

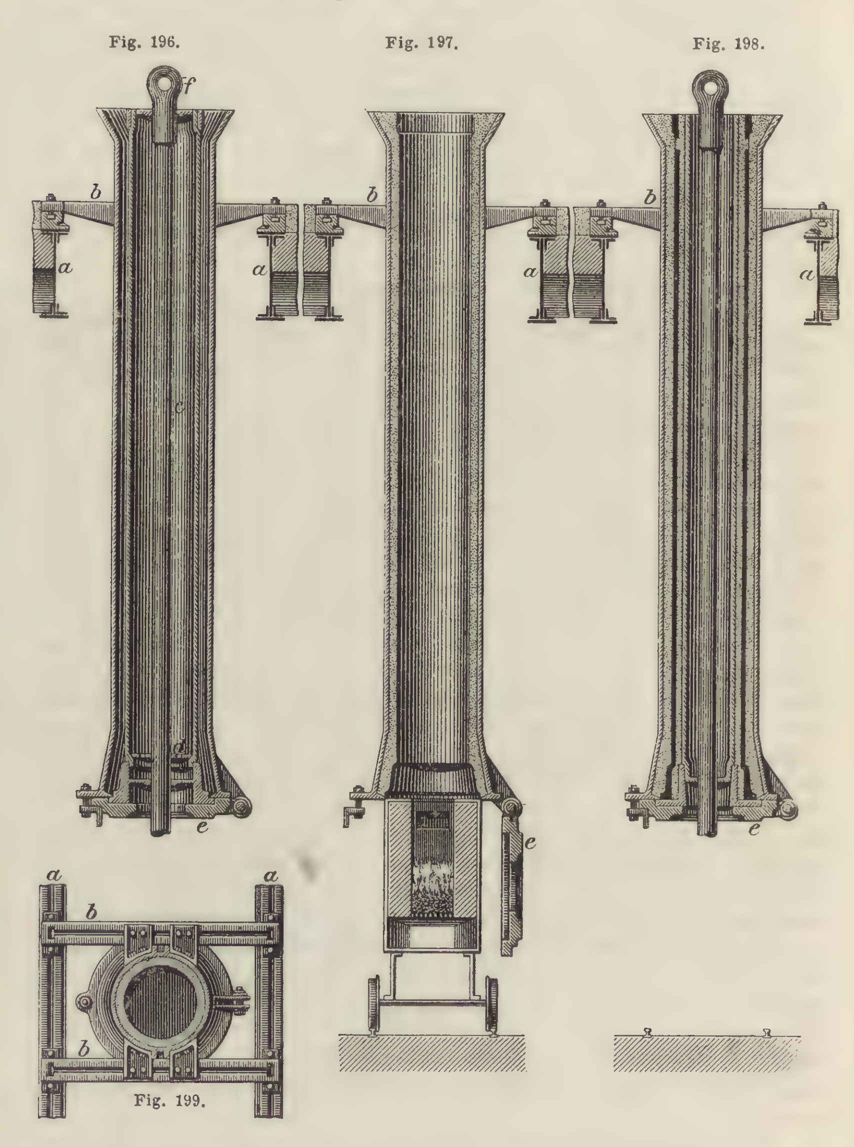


Fig. 196. Fig. 197. Fig. 198. Fig. 199.

Bei Röhren von kleinerem Durchmesser pflegt man jedoch zur Vereinfachung des Verfahrens die Muffe nicht unten, sondern oben zu giessen. Das Röhrenmodell greift alsdann mit einem Ansatze in den Deckel, der zugleich die untere Begrenzung der Form bildet; die Muffe

ist oben mit einer Führung aufgesetzt und wird für sich herausgezogen. In beiden Fällen, die Muffe möge unten oder oben gegossen werden, ist das Modell mit einer Verlängerung nach oben versehen, welche der Höhe des Eingusses entspricht.

Die Formkasten bestehen aus zwei gleichen Hälften (ohne den unteren Deckel) mit halbkreisförmigem Querschnitte, gut zusammengearbeitet, mit heraustretenden Borden längs der Trennungsfugen versehen, welche zur Anbringung der Dübel und Dübellöcher für die Verbindung der Hälften bestimmt sind. Die Dübel sind geschlitzt, so dass mit Hilfe durchgesteckter Keile die Verbindung in kürzester Zeit hergestellt und gelöst werden kann. Während des Formens und Giessens bleiben beide Hälften fest verbunden; erst nach dem Giessen macht sich eine Lösung der Verbindung erforderlich, damit der Abgusss herausgeholt werden kann. Damit die beim Giessen sich entwickelnden Gase entweichen können, sind die Formkastenwände mit zahlreichen Durchbohrungen versehen, und am unteren Ende tragen sie eine herumlaufende Sandleiste, damit nach dem Oeffnen des Deckels das Formmaterial nicht herausfalle. Der Durchmesser der Formkasten ist so bemessen, dass zwischen Rohrwand und Formkastenwand ein Zwischenraum von nur etwa 25 bis 30 mm zum Einformen bleibt. Auf diese Weise wird der Verbrauch an Formsand, die Arbeit des Einstampfens und insbesondere auch die Zeitdauer des Trocknens auf das kleinste erforderliche Mass beschränkt; während Gussformen, nach dem gewöhnlichen Formverfahren hergestellt und in Trockenkammern getrocknet, 6 bis 12 Stunden zur Trocknung zu beanspruchen pflegen, sind bei dieser Einrichtung die Gussformen nach Verlauf von 1 bis 2 Stunden ausreichend trocken. Am oberen Ende sind die Formkasten zur Erleichterung des Einformens und später des Giessens trichterförmig erweitert. Da die Gussformen auch von unten her zugänglich sein müssen, hängt man die Formkasten mit angeschraubten oder angegossenen Laschen auf Trägern b mit verstellbarem Abstande von einander in entsprechender Höhe auf. Zum Aufhängen kann die Dammgrube benutzt werden; zweckmässiger jedoch ist es und bei neueren Anlagen deshalb stets üblich, den Arbeitsraum für das Einformen und Giessen erhöht anzuordnen, so dass er den ersten Stock des Gebäudes bildet, die Formkasten in Schlitze des Fussbodens einzuhängen und das Erdgeschoss für die Bedienung von unten zu benutzen (vergl. Anlage der Eisengiessereien).

Wenn das Modell in der richtigen Stellung in den Formkasten eingesetzt ist, wird von oben her gesiebter Sand eingeschaufelt und mit langen schmalen Stampfern allmählich rings um das Modell her bis zum Rande festgestampft. Nun steckt man einen langen Hebel in das Auge der schmiedeisernen Spindel und dreht mit dessen Hilfe das Modell einmal um seine Achse, um es in der Form zu lockern; dann lässt man den Krahn angreifen und das Modell herausziehen. Die Muffe wird, nachdem der Deckel am unteren Ende gelöst worden ist, nach unten herausgenommen. Selbstverständlich muss das Röhrenmodell ringsherum glatt abgedreht sein, und eine, wenn auch ganz schwache, Verjüngung nach unten besitzen, damit der Widerstand gegen das Herausziehen möglichst gering sei. Die Gussform bedarf gewöhnlich sehr geringer

Nachhilfe. Man schwärzt sie, indem man von oben her Schwärze eingiesst und dann einen cylindrischen Pinsel mit radial stehenden Borsten, dessen Durchmesser gleich dem inneren Durchmesser der Gussform ist, hindurchzieht. Alsdann folgt das Trocknen. Man kann sich dazu, wie in der Abbildung dargestellt ist, einer fahrbaren Feuerung bedienen, welche von einem Formkasten zum andern gefahren wird und ihren Luftzug entweder durch die Essenwirkung des Rohrs oder besser durch Gebläsewind erhält, welcher mit Hilfe eines Schlauchs unter den Rost geführt wird[1]); oder man kann Gasfeuerung benutzen, wie auf S. 178 beschrieben wurde; oder man kann erhitzte Gebläseluft durch die Form hindurchleiten, welches Verfahren allerdings rasch zum Ziele führt und den Vorteil gewährt, dass die Luft in dem Arbeitsraume am wenigsten dadurch verschlechtert wird, in seiner Ausführung aber doch ziemlich kostspielig ist. Die Gussformen erhalten während des Trocknens eine Haube aus Blech mit kleineren Austrittsöffnungen für die Gase, damit die Wärme besser zusammengehalten und die heissen Gase mehr an die Wände der Form hingeleitet werden.

Der Kern, welcher aus Lehm auf einer eisernen Kernspindel wie gewöhnlich aufgedreht wird, besteht, wie das Modell, aus zwei Stücken, sofern die Muffe beim Gusse sich unten befinden soll. Ein unteres ringförmiges Stück bildet das Innere der Muffe und legt sich, wie Fig. 198 erkennen lässt, in die Oeffnung des Deckels, welches vorher zur Aufnahme des Modells diente; in dieses kurze untere Stück greift wieder das obere cylindrische Stück mit einem abgedrehten Ansatze der Kernspindel genau ein, und auf diese Weise ist nicht allein das Zusammenpassen beider Teile des Kerns, sondern auch seine centrische Stellung zur Form gesichert. Damit auch das obere Ende des Kerns genau centrisch in der Form stehe, gibt man ihm unmittelbar unter dem ringförmigen, das obere Ende der Form bildenden Eingusse eine herumlaufende Verstärkung, deren äusserer Durchmesser dem inneren Durchmesser der Gussform an dieser Stelle entspricht, so dass diese den Kern hier umschliesst; zwischen dem Eingusse und der eigentlichen, unterhalb der erwähnten Verstärkung beginnenden Gussform wird die Verbindung durch senkrechte Kanäle (Einläufe) hergestellt, welche man mit der Raspel an der Aussenfläche jener Verstärkung des Kerns einarbeitet, nachdem dieser übrigens fertig ist. Zum Drehen der Kerne pflegt man in grossen Röhrengiessereien jene früher schon erwähnte Drehbank zu benutzen, bei welcher von einer Vorgelegewelle aus durch Vermittelung einer Riemenscheibe und eines Mitnehmers die Spindel in Umdrehung versetzt wird. Man spart hierdurch den Arbeiter, welcher sonst das Drehen zu besorgen hat.

Das beschriebene Verfahren gewährt dem älteren gegenüber ausser den schon erwähnten Vorteilen auch die nicht zu unterschätzende Annehmlichkeit, dass die Abgüsse ohne jede Gussnaht, welche bei einer Teilung der Form unvermeidlich ist, aus der Gussform hervorgehen. Diese Gussnaht beeinträchtigt nicht allein die Schönheit des Abgusses, sondern gibt auch nicht selten Veranlassung zur Entstehung von Undichtigkeiten.

---

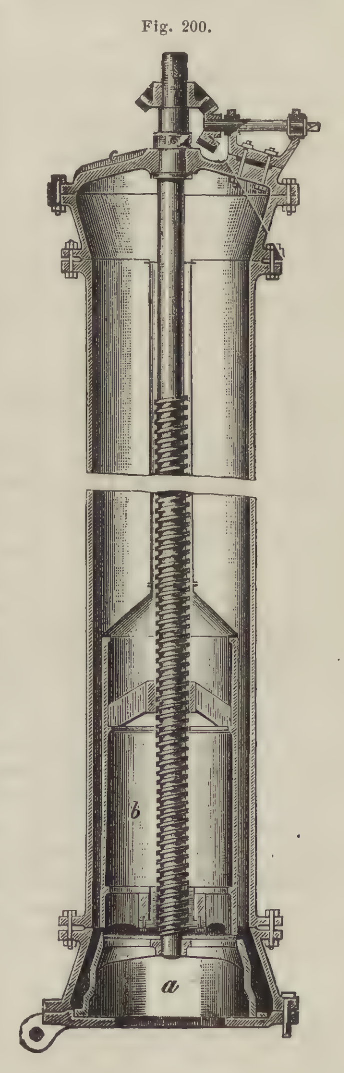
[1]) Geeignet hierfür dürfte ein Ofen mit doppelten Wänden sein, welcher ähnlich dem auf S. 177 abgebildeten Trockenofen eingerichtet ist und ein Gemisch von Verbrennungsgasen und angewärmter Luft in die Gussform entsendet.

Auch bei der Röhrenformerei ist man seit lange bemüht gewesen, Formmaschinen zur Anwendung zu bringen, um die Herstellungskosten bei Massenerzeugung zu erniedrigen.

Wo man die Röhren liegend einformte, wendete man mitunter Maschinen an, welche in ihrer Einrichtung den besprochenen Formmaschinen zum Herausheben des Modells und Festdrücken des Sandes sehr ähnlich waren. Die bekannteste dieser Maschinen war eine von Waltjen & Komp. in Bremen erfundene[1]), welche jedoch jetzt kaum noch irgendwo Anwendung findet.

Nachdem man aber zuerst in Schottland angefangen hatte, die Röhren, welche stehend gegossen werden sollten, auch stehend einzuformen, wie oben beschrieben wurde, lag der Gedanke nahe, besonders bei Röhren von grösserem Durchmesser das lange, schwere und kostspielige Modell durch ein kurzes Stück zu ersetzen, welches durch irgend eine Vorrichtung in der Achsenrichtung nach aufwärts bewegt wird, während ringsherum das Aufstampfen des Sandes vor sich geht. Eine einfache derartige Vorrichtung, von A. Cramer gebaut und mitunter zum Einformen grosser Röhren in Königin-Marienhütte angewendet, ist in Fig. 200 abgebildet. Das Muffenmodell a besteht, wie bei der gewöhnlichen senkrechten Röhrenformerei, aus einem besonderen Stücke, welches auf dem unteren Deckel des Formkastens ruht und nach Vollendung der Form nach unten herausgezogen wird, nachdem der erwähnte Deckel aufgeklappt wurde. Das Schaftmodell b greift mit einem abgedrehten Rande in das Muffenmodell und lässt sich, wie in der Abbildung erkennbar ist, durch Drehung einer aus Stahl gefertigten Schraubenspindel aufwärts bewegen, sobald der Raum zwischen demselben und der Formkastenwand mit Sand aufgestampft ist. Damit die Schraubenspindel während der Arbeit ihre senkrechte Stellung nicht verändere, steckt sie unten mit einem abgedrehten Zapfen in einer Bohrung des Muffenmodells, während sie am oberen Ende durch ein Armkreuz c festgehalten wird, welches man durch Schrauben auf dem dazu vorgerichteten Formkasten befestigt, nachdem die Spindel in den Formkasten eingesetzt wurde. Dieses Armkreuz trägt auch die Vorrichtung zum Drehen der Spindel, aus

Fig. 200.



[1]) Polytechnisches Centralblatt 1857, Seite 231.

einer Kurbelwelle mit zwei Winkelgetrieben bestehend, wie in der Abbildung erkennbar ist. Damit nicht Formsand in das Modell oder in die Schraubengänge der Spindel hineinfalle, ist das erstere durch einen blechernen Hut abgedeckt, anschliessend an einen aus einzelnen Stücken bestehenden Blechcylinder, welcher die Schraubenspindel umschliesst und beim Aufsteigen des Modells stückweise herausgenommen werden kann. Ist die Gussform vollendet, so wird die ganze Vorrichtung mit Hilfe des Krahns abgehoben und auf einem anderen Formkasten befestigt.

Auch Formmaschinen, welche bestimmt waren, die Handarbeit zum Einformen des Sandes durch Maschinenarbeit zu ersetzen, sei es in Verbindung mit einer Vorrichtung, wie soeben beschrieben wurde, sei es bei Anwendung eines vollen Modells, sind mitunter in Anwendung gekommen[1]), ohne dass sie jedoch einen dauernden Erfolg hätten aufweisen können. Der Nutzen solcher Vorrichtungen zum mechanischen Einformen ist gerade bei der Röhrenformerei geringer als bei vielen anderen Zweigen der Eisengiesserei. Denn da bei jenem neueren Verfahren der Röhrenformerei von Hand, wie es oben beschrieben wurde, die Arbeit beim Einformen und die Löhne für das Einformen ohnehin auf ein sehr geringes Mass zurückgeführt worden sind, kann eine erhebliche Ersparung durch Anwendung von Stampfmaschinen überhaupt nicht mehr erzielt werden; während aber bei der Handformerei die Formkasten unabänderlich an ihrer Stelle bleiben, so lange sie überhaupt benutzt werden sollen, müssen sie bei der Maschinenformerei, um mit der Formmaschine eingeformt zu werden, von einer Stelle zur andern bewegt werden, welche Arbeit auch bei den zweckmässigsten Vorkehrungen nicht ohne Aufwand an Zeit und Löhnen zu bewirken ist. Nur wo ausreichende Arbeitskräfte überhaupt nicht zu beschaffen sind, dürften aus diesen Gründen Formmaschinen zum Einformen für die Röhrenformerei an ihrem Platze sein.

Scheibenrohre lassen sich ebenfalls nach dem beschriebenen Verfahren — mit oder ohne Maschine — formen, sofern der Bedarf daran gross genug ist, um die Beschaffung der hierfür erforderlichen besonderen Vorrichtungen lohnend erscheinen zu lassen. Bei einem von Stühlen eingeführten Verfahren sind die Scheiben von dem eisernen abgedrehten Modelle, wie bei Muffenröhren die Muffe, getrennt, so dass sie sich einzeln abziehen lassen. Die untere Scheibe ruht in dem untern Deckel des Formkastens, der zuvor mit einer Schicht Sand oder Lehm ausgefüllt und mit Hilfe einer Schablone ausgedreht ist, so dass die Scheibe genau in die Form hineinpasst; auf der oberen Scheibe sitzt ein verlorener Kopf, der im Modelle, damit die Scheibe herausgezogen werden könne, ebenso gross als diese im Durchmesser ist, während in der Gussform die Oeffnung oberhalb der Scheibe durch eingesetzte Kernstücke teilweise geschlossen wird. Es bleibt dann nur ein ringförmiger Kopf übrig, dessen Stärke da, wo er auf dem Rohre aufsitzt, nicht beträchtlicher als die Rohrwandstärke ist. Die Kernstücke werden

---

[1]) Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate Band 12 (1864), Seite 324; Dinglers Polytechnisches Journal Band 137, Seite 12; Band 176, Seite 284.

in eisernen Kernkasten selbständig gefertigt und in Trockenkammern getrocknet [1]).

Röhrenmodelle mit herumlaufenden Bunden (Verstärkungen) würden sich, in der beschriebenen Weise eingeformt, nicht aus der Gussform herausziehen lassen. Solche Röhren, welche ab und an verlangt werden, lassen sich jedoch ohne erhebliche Abweichung von dem beschriebenen Formverfahren folgendermassen herstellen. Das Modell ist glatt, wie für gewöhnliche Röhren, da, wo der Bund angebracht werden soll, aber mit einem durch die Wand hindurchgehenden Schlitze versehen, in welchen ein beweglicher Zahn sich befindet, dessen Höhe gleich der Höhe der betreffenden Verstärkung ist. Mit Hilfe einer einfachen Vorrichtung, einer exzentrischen Scheibe oder dergleichen, lässt sich dieser Zahn, wenn man eine innerhalb des Modells angebrachte Spindel dreht, um soviel aus dem Modelle herausschieben, als die Stärke des anzugiessenden Bundes beträgt. Die Gussform wird, während der Zahn zurückgezogen ist, in gewöhnlicher Weise hergestellt. Ehe man nun das Modell herauszieht, lässt man den Zahn um die bestimmte Abmessung heraustreten und schneidet, indem man das Rohrmodell einmal um seine Achse dreht, die Form für den Bund aus dem Sande aus. Der hierbei entfernte Sand fällt durch den Schlitz in das Innere des Modells. Dann zieht man den Zahn zurück und hebt das Modell heraus [2]).

Noch eines anderen, von W. Kudlicz in Prag erfundenen Röhrenformverfahrens möge hier gedacht werden, welches in einigen Röhrengiessereien zur Anwendung gelangt ist und vornehmlich den Zweck hat, an Formkasten zu sparen. Die Formkasten sind durch Zapfen aufgehängt, welche an der einen Formkastenhälfte ungefähr in deren Mitte angegossen sind und in Lagern ruhen, so dass der Formkasten mit Leichtigkeit abwechselnd in wagerechte und senkrechte Stellung gebracht werden kann. Die nicht mit Zapfen versehene Formkastenhälfte lässt sich aufklappen, nachdem zuvor der Formkasten in wagerechte Lage gebracht worden war; der ganze Formkasten aber ist im Innern glatt gedreht. Die Gussform nun wird aus einzelnen Ringen von 350 bis 400 mm Länge gebildet, welche für sich in Abschlagsformkasten aus Masse mit Hilfe einer Formmaschine geformt, getrocknet und einer neben dem andern in den Formkasten eingelegt werden, um sofort nach dem Gusse mit dem Abgusse wieder herausgenommen zu werden. Da der Formkasten demnach nur für das Giessen, nicht auch für das Formen und Trocknen benutzt wird, lässt sich der nämliche Formkasten für die Herstellung zahlreicher Abgüsse an einem Tage verwenden. Der Raumbedarf für die Aufstellung der Formkasten aber ist in Rücksicht auf das erforderliche Umlegen grösser, der Bedarf an Formsand beträchtlicher, da die Gussformwände dicker sein müssen als bei dem früher beschriebenen Verfahren; auch die Löhne dürften trotz der Benutzung von Formmaschinen etwas höher sein, da das Ein- und Ausbringen der Gussformen in die Trockenräume und das Einlegen in

---

[1]) Patentschrift Nr. 8600.

[2]) Patentschrift Nr. 15674 (Königl. Hüttenamt Gleiwitz).

die Formkasten Arbeitslöhne erheischt, welche bei dem gewöhnlicheren Verfahren wegfallen[1]).

Für die chemische Zusammensetzung des Gusseisens zum Röhrengusse sind ähnliche Rücksichten wie beim Maschinen- und Baugusse massgebend. Es ist ein mässig graphitreiches, auch in dünnen Querschnitten grau bleibendes Gusseisen erforderlich, da weiss gewordenes Gusseisen zum Zerspringen geneigt sein würde. Der Silicumgehalt soll daher mindestens 1,5 % und nicht erheblich über 2 %, der Kohlenstoffgehalt ungefähr 3,5 % betragen und der Mangangehalt nicht über höchstens 1 % hinausgehen. Ein mässiger Phosphorgehalt ist ohne Nachteil; 0,7 % Phosphor kann als ein noch gut zulässiges Mass bezeichnet werden, ein Gehalt von mehr als 1 % Phosphor dagegen muss, zumal beim Gusse von Wasserleitungsröhren für Hochdruck, Bedenken erwecken. Der Schwefelgehalt sei in jedem Falle thunlichst niedrig (unter 0,1 %), teils, weil er das Gusseisen zum Weisswerden geneigt und dickflüssig macht, teils auch, weil er zur Entstehung von Ausscheidungen aus dem flüssigen Metalle Veranlassung gibt, welche, wenn sie mit in die Gussform gelangen, hier leicht Kügelchen mit Gasblasen bilden, also undichte Stellen im Abgusse erzeugen (vergl. Seite 42). Ein reichlicher Kalkzuschlag beim Kupolofenschmelzen ist daher, zumal bei Benutzung schwefelreicher Koks, empfehlenswert.

Vereinzelt giesst man noch Röhren unmittelbar aus dem Hochofen, im übrigen stets aus dem Kupolofen. Die Benutzung von Flammöfen für den Röhrenguss kann überhaupt nicht in Frage kommen.

Für das Abtrennen der Eingüsse oder Köpfe sowie etwa unganz gewordener Enden pflegt man sich in grossen Röhrengiessereien besonderer Drehbänke zu bedienen, welche das Einlegen der Röhren und Schneiden in sehr kurzer Zeit ermöglichen.

Dass die übrigens fertigen Röhren schliesslich, um vor Rost geschützt zu werden, einen Teerüberzug (gewöhnlich Asphaltüberzug genannt) zu erhalten pflegen, wurde bereits im vorigen Abschnitte erwähnt. Der eingedickte Teer befindet sich in einem ausreichend langen gusseisernen Gefässe; daneben steht ein einfach eingerichteter Flammofen mit ebenem Herde, zur gleichzeitigen Aufnahme mehrerer Röhren dienend, welche von der Seite aus durch eine entsprechend lange Thüröffnung hineingerollt werden. Mitunter bringt man zwei Thüröffnungen einander gegenüber an, so dass auf der einen Seite des Ofens das Einbringen, auf der anderen das Ausbringen bewirkt wird. Die heissen Röhren taucht man einige Sekunden in den Teer (wobei dieser vollständig flüssig wird), zieht sie an einer Kette senkrecht empor, so dass der überschüssige Teer abfliessen kann, bearbeitet sie mit einer Bürste an langem Stiele und legt sie zum Erkalten auf ein Lager aus eisernen Schienen.

---

[1]) Näheres hierüber: „Stahl und Eisen" 1888, S. 307; über ein noch neueres, von Kudlicz und Ahlemeyer erfundenes Verfahren zu dem Zwecke, eine und dieselbe Gussform zu mehreren Güssen benutzen zu können; Patentschrift des Deutschen Reichs Nr. 49689; auch „Stahl und Eisen" 1890, S. 149. Näheres über die Brauchbarkeit dieses letzteren Verfahrens ist noch nicht bekannt geworden. Ueber Anordnung beweglicher Formkasten für Benutzung von Stampfmaschinen: „Stahl und Eisen" 1901, S. 274.

3. Hartguss.

Allgemeines.

Im ersten Abschnitte dieses Buches wurde bereits erwähnt, dass Roheisensorten mit mässigem Siliciumgehalte die Eigenschaft besitzen, bei langsamer Abkühlung mit grauer, bei rascher Abkühlung dagegen mit weissstrahliger Bruchfläche zu erstarren. Giesst man dickere Stücke aus solchem Eisen in eiserne Gussformen, welche ihm rasch Wärme entziehen, so erhält man, da die Erstarrung da, wo das Metall mit der Gussform in Berührung trat, plötzlich, im Innern aber allmählicher erfolgt, Abgüsse mit weissstrahlicher, harter Kruste und grauem Kern. Die Strahlen des Gefüges sind auch hier, wie bei gewöhnlichem Weisseisen, rechtwinkelich gegen die Abkühlungsflächen gerichtet und gehen bei gut gelungenem Gusse ganz allmählich in das körnige Gefüge des grauen, graphithaltigen Eisens über.

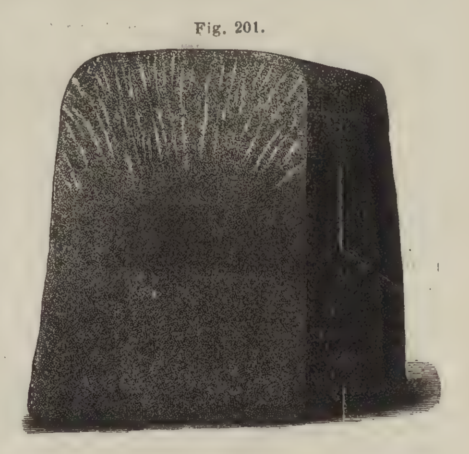
Das Verfahren, sowie auch die Erzeugnisse des Verfahrens, nennt man Hartguss, die aus Gusseisen gefertigten, die Härtung bewirkenden Gussformen, welche sich wiederholt benutzen lassen, heissen Schalen oder Kokillen.

Das Mass der entstehenden Härtung, d. i. die Stärke der weissen Kruste, ist von verschiedenen Umständen abhängig.

Je dicker die Wandstärke der Kokille im Verhältnisse zur Dicke des Abgusses ist, desto rascher wird das eingegossene Metall abgekühlt, desto stärker fällt die Härtung aus.

Je weniger hoch das eingegossene Metall über seinen Schmelzpunkt erhitzt war, desto rascher kommt es zum Erstarren, desto bedeutender wird die Härtung. Auch die Beschaffenheit der Härtungskruste wird durch die Temperatur des flüssigen Metalls beeinflusst. War diese hoch, so entsteht zwar an den Berührungsstellen mit der kalten Gussschale sofort eine dünne Kruste erstarrten und wegen der plötzlichen Erstarrung weissen Metalls; diese selbst aber schützt das eingeschlossene noch flüssige Metall vor rascher Abkühlung und dieses wird grau. Die Bruchfläche zeigt nach dem Erkalten eine scharfe Grenzlinie zwischen dem weissen und grauen Teile, und bei der Beanspruchung des Abgusses durch Stösse erweist sich die weisse Kruste zum Abblättern geneigt.

Fig. 201.



War das Metall weniger stark überhitzt, so vollzieht sich der Vorgang in anderer Weise. Die Erstarrung der gesamten Eisenmasse findet zwar in kürzerer Zeit statt als in dem ersteren Falle und die Stärke der gehärteten Schicht ist beträchtlicher; die Erstarrung verläuft aber gleich-

mässiger von aussen nach innen, und diese Thatsache findet ihre Bestätigung in dem Aussehen der Bruchfläche: ganz allmählich geht der äussere weisse Teil in den grauen inneren Teil über, wie Fig. 201 veranschaulicht [1]). Eine solche Härtung ist entschieden haltbarer als mit scharfer Begrenzung.

Durch mässiges Anwärmen der Gussschale lässt sich ebenfalls eine allmählichere Erstarrung und somit die Entstehung einer weniger scharf begrenzten Hartkruste erzielen, und man erlangt hierdurch die Möglichkeit, auch weniger heisses Gusseisen zum Gusse verwenden zu können, ohne befürchten zu müssen, dass die Gussform nicht ausgefüllt werde, oder dass die gehärtete Fläche Faltenbildungen zeige, durch allzu träge Fortbewegung des eingegossenen Metalls entstanden.

Von grösster Bedeutung für die Stärke der Härtung ist endlich die chemische Zusammensetzung des verwendeten Gusseisens. Bei der Regelung dieser chemischen Zusammensetzung sind nun aber zwei einander entgegengesetzte Einflüsse zu beachten. Eine starke und allmählich von aussen nach innen verlaufende, also dem Ansehen nach vortreffliche Härtung würde sich ohne Schwierigkeit erzielen lassen, wenn man ein ziemlich manganreiches Gusseisen (2 bis 3 % Mangan) mit mässigem Siliciumgehalte (etwa 1,5 % Silicium) wählt. Ein solches Gusseisen aber würde für die Darstellung guter Hartgussstücke nicht geeignet sein. Es schwindet bedeutend, zumal in dem weissen Teile; die nächste Folge davon ist, dass bei der Abkühlung leicht sogenannte Hartborsten entstehen, Risse in der gehärteten Kruste, welche sich bilden, wenn letztere sich stärker zusammenzieht als der eingeschlossene graue Kern. Eine weitere Folge der starken Schwindung ist die Erzeugung von Spannungen, welche den Abguss zum Zerspringen geneigt machen; ausserdem ist das manganreichere Gusseisen auch an und für sich spröder als das manganärmere und aus diesem Grunde für Hartgussgegenstände ebenso wenig geeignet als für Gusswaren überhaupt [2]).

Ein manganärmeres Eisen mit nur soviel Silicium, dass der anwesende Kohlenstoff bei langsamer Erkaltung grösstenteils graphitische Form annimmt, bei rascher Erkaltung dagegen in Form von Karbid- und Härtungskohle [3]) gebunden bleibt, ist daher das einzig brauchbare für Darstellung guter Hartgussgegenstände. Der Siliciumgehalt kann, damit dieses Ziel erreicht werde, um so niedriger sein, je höher der

---

[1]) Aus Julius von Schütz, Der Hartguss. 2. Auflage. Magdeburg 1890 (vom Grusonwerk in Buckau herausgegebene, nicht im Buchhandel erhältliche Schrift. Vergleiche „Stahl und Eisen“ 1891, S. 733).

[2]) Der nachteilige Einfluss eines hohen Mangangehalts auf das Verhalten des Giessereiroheisens ist im ersten Abschnitte mehrfach besprochen worden.

[3]) Beispiel der Kohlenstoffformen im weissen Teile eines Hartgussstücks auf Seite 17. Der Gehalt an Karbidkohle ist bedeutend grösser als der an Härtungskohle, denn beim Eingiessen des Metalls in die Kokille findet zwar rasche Erstarrung und somit Verhinderung der Graphitbildung statt, aber die erstarrte Kruste bleibt noch längere Zeit glühend, da sie flüssiges Metall eingeschlossen enthält, und die Karbidbildung vollzieht sich demnach unbehindert. Durch gehärteten kohlenstoffreichen Stahl ist deshalb Hartguss auch bearbeitbar. Vergleiche hierüber auch „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 298.

Kohlenstoffgehalt ist; ein hoher Kohlenstoffgehalt aber beeinflusst erfahrungsmässig weniger nachteilig das sonstige Verhalten (die Festigkeitseigenschaften) des Gusseisens als ein hoher Siliciumgehalt. Daher ist ein hoher Kohlenstoffgehalt wünschenswert.

Aus diesen Gründen bewegt sich der Gehalt an den genannten drei Körpern in allen durch Brauchbarkeit bewährten Hartgussstücken innerhalb ziemlich enger Grenzen; und zwar beträgt

der Kohlenstoffgehalt 3,5 bis 3,8 %
der Siliciumgehalt 0,5 bis 0,8 %
der Mangangehalt 0,1 bis 0,4 % [1]).

Ausnahmsweise steigt wohl in dicken Stücken, welche nicht leicht Spannung beim Giessen annehmen (z. B. Panzerplatten), der Mangangehalt bis 1 % oder etwas darüber; je schwächer die Abmessungen des Gussstücks sind und je mehr es seiner Form nach zu Spannungen neigt, desto niedriger sollte der Mangangehalt sein.

Im allgemeinen ist es demnach ratsam, das Mass der zu erzielenden Härtung nicht durch Aenderung in der chemischen Zusammensetzung, sondern durch die Wahl einer entsprechend starken Gussschale (Kokille) zu regeln. Jene verhältnismässig kleinen Schwankungen in der Zusammensetzung, welchen man bei guten Hartgussstücken begegnet, sind in der That mehr durch Zufälligkeiten als durch Absicht bedingt.

Der Phosphorgehalt muss in jedem Falle niedrig sein und beträgt in guten Hartgussstücken nicht mehr als höchstens 0,45 %. Werden sehr hohe Ansprüche an das Verhalten der Abgüsse gestellt, so ist ein noch niedrigerer Phosphorgehalt wünschenswert. Phosphor erhöht an und für sich die Sprödigkeit des Gusseisens und verstärkt dessen Neigung, beim Schwinden Spannung zu bekommen; er ist aus diesem Grunde doppelt gefährlich für Hartgussstücke, welche ihrer Entstehungsweise gemäss leichter als gewöhnliche Abgüsse Spannung annehmen, während man an ihre Haltbarkeit hohe Ansprüche zu stellen pflegt.

Diese an die Festigkeitseigenschaften des Hartgusses gestellten Anforderungen liefern auch die Erklärung dafür, dass im allgemeinen ein Roheisen für diese Benutzung um so weniger gut sich bewährt, je grösser sein Gesamtgehalt an allen sonstigen zufällig anwesenden Fremdkörpern — Schwefel, Arsen, Antimon, Chrom, Titan u. a. m. — ist. Ein geeignetes Gusseisen lässt sich in verschiedener Weise erlangen.

Manche Hochofenwerke liefern unter der Bezeichnung Hartgussroheisen ein nach dem Umschmelzen ohne weiteres für Hartgussdarstellung bestimmtes Roheisen. Nicht immer jedoch entspricht solches Roheisen, obschon es beim Giessen auf der Kokille meistens starke Härtungen liefert, den übrigen bei Hartgussdarstellung zu stellenden Ansprüchen. Häufig ist es zu reich an Mangan und Silicium. Ohne seine chemische Zusammensetzung zu kennen, sollte man es daher nicht benutzen; besitzt es den erwähnten Fehler, so lässt sich durch Zusatz anderen Eisens Abhilfe schaffen.

---

[1]) Analysen guter und schlechter Hartgussstücke findet der Leser in „Stahl und Eisen" 1891, S. 736.

Sicherer gelangt man meistens zum Ziele, wenn man ein mangan- und phosphorarmes, aber möglichst kohlenstoffreiches Weisseisen — sehr gut eignet sich meistens Holzkohlenroheisen von entsprechender Zusammensetzung hierfür — mit Zusatz von soviel Siliciumeisen oder Graueisen schmelzt, dass das Gusseisen den erforderlichen Siliciumgehalt, wie oben angegeben ist, bekommt. Das Verhältnis der Roheisensorten zu einander muss von ihrer chemischen Zusammensetzung abhängen; es lässt sich in dieser Beziehung nur die allgemeine Regel aufstellen, dass bei der Wahl dieses Verhältnisses die oben mitgeteilte chemische Zusammensetzung guter Hartgussstücke unter Berücksichtigung der beim Schmelzen eintretenden Veränderungen (Verringerung des Mangan- und Siliciumgehalts) als Ziel ins Auge zu fassen ist.

Häufig wird man Veranlassung haben, dem einzuschmelzenden Roheisen Brucheisen zuzusetzen. Besteht dieses schon aus Hartgusseisen (Ausschuss, Alteisen oder Abfällen von der Hartgussdarstellung), so pflegt es im wesentlichen bereits die angestrebte Zusammensetzung zu besitzen, und es ist nur erforderlich, auf die beim Schmelzen eintretende geringe Abnahme des Siliciumgehalts Rücksicht zu nehmen; benutzt man gewöhnliches Brucheisen, so muss die Menge des zuzusetzenden grauen Roheisens oder Siliciumeisens entsprechend verringert werden, und mit Sicherheit kann man auf guten Erfolg nur rechnen, wenn man auch die chemische Zusammensetzung des Brucheisens kennt und gebührend berücksichtigt. Gekauftes gewöhnliches Alteisen, dessen Zusammensetzung erheblichen Schwankungen unterliegt, und welches oft reich an Phosphor ist, sollte bei der Zusammenstellung des Schmelzguts für Hartgussdarstellung niemals in Verwendung genommen werden.

Man schmelzt im Flammofen oder im Kupolofen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass man durch beide Schmelzverfahren gleich gute Ergebnisse erzielen kann, sofern man die etwas abweichenden Einflüsse des Umschmelzens auf die chemische Zusammensetzung, welche im zweiten Abschnitte ausführlich besprochen wurden, gebührend berücksichtigt. Siegener und rheinische Giessereien pflegen im Flammofen zu schmelzen; das berühmteste deutsche Werk für Hartgusserzeugung, das Grusonwerk, dagegen schmelzt nur im Kupolofen. Das kostspieligere Flammofenschmelzen kann da den Vorzug verdienen, wo häufig sehr grosse, schwer zu zerkleinernde Gussstücke, z. B. zerbrochene Walzen, wieder eingeschmolzen werden. Beim Kupolofenschmelzen ist Rücksicht auf die Benutzung guter, zumal schwefelarmer, Koks zu nehmen; auch kann die Verwendbarkeit des geschmolzenen Metalls geschädigt werden, wenn der Kupolofen nicht nur dem einen Zwecke dient, sondern zum Schmelzen verschieden zusammengesetzter Beschickungen unmittelbar nacheinander benutzt wird. Eine Vermischung des Hartgusseisens mit Gusseisen für andere Zwecke ist dann kaum zu vermeiden.

In jedem Falle hat man sein Augenmerk darauf zu richten, dass das Schmelzerzeugnis nicht zu arm an Kohlenstoff ausfalle. Abgesehen von der Wahl eines kohlenstoffreichen Einsatzes erreicht man das Ziel beim Flammofenschmelzen, indem man dem Einsatze einen etwas reichlichen Mangangehalt gibt und das Schmelzen nach Möglichkeit be-

schleunigt[1]); beim Kupolofenschmelzen durch etwas reichlicheres Verhältnis des Brennstoffs zum Roheisen als es für Darstellung gewöhnlichen Gusses unbedingt notwendig sein würde.

Bei allen Hartgussstücken sollen nur bestimmte Stellen der Oberfläche gehärtet, andere Stellen dagegen grau sein. Bei Panzerplatten darf nur die nach aussen gerichtete, der Geschosswirkung ausgesetzte Seite hart sein, die nach innen gekehrte Seite dagegen soll aus Graueisen bestehen; bei Hartgusswalzen würde es ein Fehler sein, auch die Zapfen mit Härtung zu versehen; bei Laufrädern darf nur der Kranz gehärtet sein. Es ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, Gussformen für Hartgüsse an denjenigen Stellen, wo keine Härtung beabsichtigt wird, aus Sand, Masse oder Lehm zu formen und sie nur da, wo Härtung hervorgerufen werden soll, mit eingesetzten Gussschalen zu versehen.

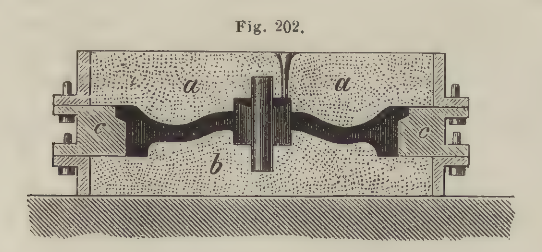
Bei der Benutzung dürfen die Gussschalen weder feucht noch allzu kalt sein, wenn nicht durch Dampfentwickelung Kochen oder Explosionen herbeigeführt werden sollen. Zur Winterszeit empfiehlt es sich deshalb, Gussschalen, welche im Freien lagerten, vor der Benutzung anzuwärmen; dass auch im übrigen eine mässige Anwärmung zur Erzielung gleichmässigerer Härtungen nützlich sein könne, wurde schon erwähnt. Angesetzter Rost muss sorgfältig entfernt werden. Beide Zwecke, das Anwärmen wie die Entfernung des Rostes lassen sich häufig durch Aufgiessen von etwas geschmolzenem Eisen erreichen. Auch neue Kokillen giesst man, bevor sie in Gebrauch genommen werden, zweckmässigerweise zunächst mit flüssigem Eisen aus.

Ein Einreiben der Gussschale mit Graphit oder Oel vor dem Gusse ist üblich, um das Anbrennen des flüssigen Gusseisens zu verhindern.

Beispiele.

Laufräder. Wie schon erwähnt wurde, soll bei diesen nur der Kranz Härtung erhalten. Die Gussform besteht demnach, wie die Ab-

Fig. 202.



bildung Fig. 202 erkennen lässt, aus drei Teilen, einem Ober- und einem Unterteile a und b, aus Sand im Formkasten hergestellt, und

[1]) Die Rolle des Mangans hierbei ist nur die, durch seine eigene Verbrennung den Kohlenstoffgehalt zu schützen. Das Schmelzen muss sein Ende erreichen, wenn der Mangangehalt des Einsatzes soweit ausgetreten ist, dass nunmehr auch der Kohlenstoffgehalt sich vermindern würde.

einem Mittelstücke c, der gusseisernen Schale [1]). Letztere ist mit angegossenen Ohren versehen und wird mit den beiden Formkastenteilen durch Dübel in der gewöhnlichen, für die Verbindung der Formkastenteile untereinander üblichen Weise verbunden. Die innere Fläche dreht man auf der Drehbank aus, damit sie genaue Rundung erhalte und dem vorgeschriebenen Profile entspreche. Damit der Radkranz nicht allzu spröde ausfalle, darf sich die Härtung nur auf seinen Umfang erstrecken, und die Innenseite muss grau bleiben; gibt man der Gussschale etwa die zweiundeinhalbfache Stärke des Radkranzes, so wird jener Zweck bei sonst richtig gewählter Beschaffenheit des Gusseisens gewöhnlich in befriedigender Weise erreicht. Da die Gussschalen wegen des plötzlichen Temperaturwechsels leicht dem Zerspringen ausgesetzt sind, empfiehlt es sich, sie durch ein umgelegtes schmiedeisernes Band zu schützen.

Für die Herstellung der Form dient ein hölzernes Modell des Rades, welches in die Gussschale passt. Man stellt die letztere auf den Unterkasten, füllt diesen mit Sand und klopft das Modell ein; dann wird das Oberteil aufgesetzt und eingestampft. Alles weitere — das Abnehmen des Oberkastens, Herausheben des Modells u. s. w. — unterscheidet sich nicht von dem Verfahren bei der gewöhnlichen Kastenformerei.

Sollen viele Abgüsse nach demselben Modelle gefertigt werden, so ist die Benutzung zweier Modellplatten, je einer für Ober- und Unterkasten, statt des Holzmodells zweckmässig. Die Einrichtung dieser Modellplatten ergibt sich aus dem früher über diesen Gegenstand Gesagten. Auch Schablonen zum Ausdrehen der Sandgussform kommen mitunter statt des Modells in Anwendung.

Nach beendigtem Gusse, welcher unter Berücksichtigung der schon gegebenen allgemeinen Regeln (Temperatur des Metalls und der Gussschale) bewirkt wird, bedarf das Rad, um nicht Spannung zu bekommen, einer vorsichtig geregelten Abkühlung. Sobald die Erstarrung ihr Ende erreicht hat, wird das Rad aus der Gussschale herausgenommen und in warmen Sand eingegraben, in welchem es bis zur Erkaltung stecken bleibt. Besondere Sorgfalt verwendet man auf die Abkühlung in nordamerikanischen Eisengiessereien, deren Leistungen auf dem Gebiete des Rädergusses hoch berühmt sind. Unmittelbar nach dem Gusse werden die Räder im noch glühenden Zustande aus der Form herausgehoben und in cylindrisch gemauerte Kühlkammern gebracht, deren Durchmesser etwas grösser ist als der der Räder und deren jede etwa 10 Räder aufnehmen kann. Die Räder werden eins über dem andern (mit senkrecht stehender Nabe) aufgeschichtet, dann wird ein Deckel aufgelegt und durch aufgeschütteten Sand vor starker Wärmeausstrahlung geschützt. Sämtliche Radnaben werden über ein in der Mitte der Kammer stehendes oben offenes Rohr geschoben, und in diesem Rohre steckt ein

[1]) In manchen Giessereien ordnet man die Gussform so an, dass der Spurkranz des Rades sich unten, statt wie in der Abbildung, oben befindet. Auch die Form der Räder, von welcher deren Haltbarkeit zum nicht geringen Teile abhängt, ist ziemlich verschieden. Vergleiche hierüber die unten angegebene Litteratur.

zweites, bedeutend engeres, unten offenes Rohr, welches durch den Deckel hindurch ins Freie führt. Durch letzteres entweicht anfänglich die sich stark ausdehnende Luft und tritt später von aussen her wieder frische Luft zu; da sie aber zunächst aus dem innern Rohre in das äussere tritt, wird sie hier erwärmt, ehe sie mit den Rädern selbst in Berührung kommt. In den Kammern pflegen die Räder drei Tage lang zu verweilen, ehe sie als völlig abgekühlt herausgenommen werden [1]).

Herzstücke oder Kreuzungsstücke für Eisenbahnkreuzungen. Die Abbildung Fig. 203 stellt ein solches Herzstück im Grundrisse dar, während das Quer- und Längsprofil aus den Abbildungen der Gussform Fig. 204 und 205 zu ersehen ist. Bei diesen Gussstücken sollen nur die Oberflächen der Schienen Härtung erhalten, alles übrige soll weich bleiben. Es ist ausserdem darauf Rücksicht zu nehmen, dass bei der langgestreckten Form und der einseitigen Abkühlung des Abgusses ein Krummziehen zu befürchten ist, welches sich nur vermeiden lässt, wenn das Gussstück bis zur beendigten Abkühlung durch Anspannen in gerader Lage erhalten wird. Die Gussschale a ist ungefähr 100 mm stark, mit vielen kleinen durchgehenden Oeff-

Fig. 203.

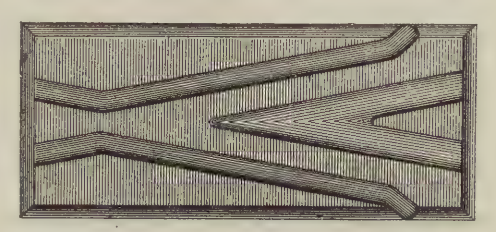


Fig. 204.

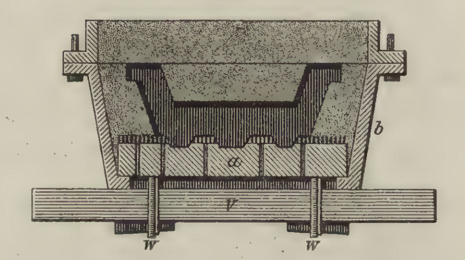
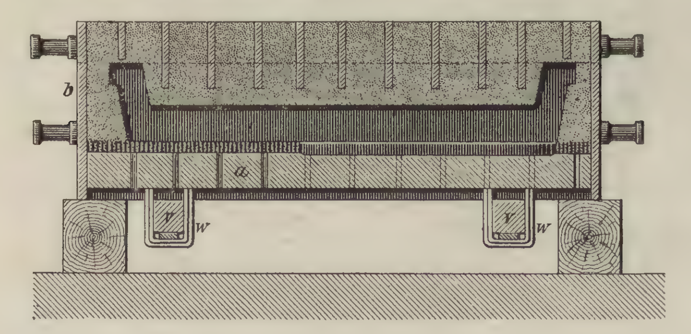


Fig. 205.

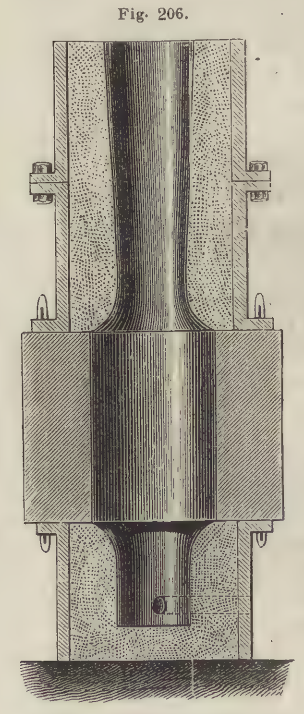


[1]) In den Vereinigten Staaten Nordamerikas sind nicht allein sämtliche Güterwagen, sondern auch Personenwagen, ja selbst Lokomotiven mit gusseisernen Rädern versehen, während in Deutschland ihre Anwendung für Personenwagen ausgeschlossen, für Güterwagen beschränkt ist. Näheres

nungen versehen, um Gase und Dämpfe nach unten entweichen zu lassen, und an der oberen Seite mit zahlreichen, etwa 20 mm herausragenden, gekrümmten Drahtstiften besetzt, welche einen Halt für den Formsand zu bilden bestimmt sind und beim Giessen der Schale mit eingegossen werden. Selbstverständlich befinden sich Löcher und Drahtstifte nur da, wo das flüssige Gusseisen nicht die Gussschale berührt, sondern wo die letztere zum Tragen des Formsandes dient. An der untern Seite ruht die Gussschale, wie Fig. 204 erkennen lässt, mit gehobelten Flächen auf vorspringenden gehobelten Leisten des Formkastens b. Damit diese Lage gesichert bleibe und die Schale sich nicht verziehe, ist sie mit zwei Paar eingegossenen schmiedeisernen Bügeln w w versehen, durch welche starke Gusseisenbalken v v hindurchgesteckt werden; mit Hilfe eingeschlagener Keile werden alsdann die Balken gegen die Unterkanten des Formkastens gepresst, so dass eine feste Verbindung zwischen Formkasten und Gussschale hergestellt wird.

Das Modell des Herzstücks besteht aus Holz und die Schienen sind zum Abnehmen eingerichtet. Beim Einformen legt man zunächst die Schienenmodelle in die entsprechenden Vertiefungen der Gussschale, füllt den Raum zwischen und neben ihnen mit Formsand aus und stampft diesen fest. Nun wird der Körper des Modells eingelegt, dessen Oberkante sich in gleicher Höhe mit der Oberkante des Formkastenunterteils, in welchem die Gussschale liegt, befinden muss. Das Modell wird wie gewöhnlich eingeformt, dann wird auch der Oberkasten, welcher mit entsprechenden Zwischenwänden versehen ist, aufgesetzt u. s. w. Ist der Guss beendet, so hebt man den Oberkasten ab, legt ein Paar starke Gusseisenbalken quer über den Abguss parallel zu den unteren Balken v v und verbindet sie mit diesen durch übergeschobene Bügel und Keile, so dass der Abguss bis zur beendigten Erkaltung fest auf der Gussschale aufgespannt und vor dem Krummziehen geschützt ist.

Fig. 206.



Hartwalzen. Wie schon erwähnt wurde, härtet man bei diesen, zum Polieren von gewalzten Flacheisenstäben und zu einigen anderen Zwecken dienenden Walzen den mittleren Teil, den sogenannten Walzenbund, während die Zapfen weich bleiben müssen. Der Guss erfolgt in senkrechter Stellung; die Gussform besteht demnach, wie die Abbil-

über amerikanischen Räderguss: Franz Kupelwieser, Das Hüttenwesen mit besonderer Berücksichtigung des Eisenhüttenwesens in den Vereinigten Staaten Amerikas. Wien 1877, S. 97 ff., 105, 107. Ferner: Scientific American vol. 45, p. 163, daraus in Dinglers Polyt. Journal, Bd. 242, S. 328, „Stahl und Eisen“ 1892, S. 782. Heusinger von Waldegg, Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik, Bd. II, Leipzig 1870, S. 36 und 52. Letzteres Werk enthält auch Mitteilungen über den Räderguss bei Ganz & Komp. in Budapest, sowie über die zweckmässigste Form der Hartgussräder.

dung Fig. 206 zeigt, aus drei übereinanderstehenden Teilen: zu unterst die gewöhnlich in Masse gefertigte Form des einen Zapfens, dann die ringförmige, innen ausgedrehte Kokille, zu oberst die Form des zweiten Zapfens nebst dem verlornen Kopfe, welcher eine Fortsetzung des obern Zapfens bildet. Die Zapfen der gewöhnlichen Walzen bestehen aus je zwei Teilen: dem an den Walzenbund anschliessenden cylindrischen Laufzapfen und dem das Ende bildenden, gegliederten Kupplungszapfen. Häufig fräst man die Gliederung des letzteren erst nach dem Gusse ein und giesst ihn cylindrisch mit gleichem Durchmesser wie den Laufzapfen (wie in dem durch die Abbildung erläuterten Falle); soll er bereits beim Gusse seine richtige Form erhalten, so muss der untere Formkasten aus zwei übereinander stehenden Teilen bestehen, damit das Modell des schwächeren Kupplungszapfens sich aus der Form herausnehmen lasse.

Wichtig ist auch hier die richtige Bemessung der Wandstärke der Kokille. Nach Wirth[1]) soll bei Walzen von 220 mm Durchmesser (D) und darüber die Wandstärke der Kokille $= \frac{D}{2,5}$ sein, bei kleineren Walzen aber beträchtlicher genommen werden; beispielsweise für

Walzen von 100 mm Durchmesser die Wandstärke = 50 mm,
„ „ 150 „ „ „ „ = 70 „
„ „ 200 „ „ „ „ = 85 „
„ „ 250 „ „ „ „ = 100 „

sein. Man giesst die Kokille aus festem, ziemlich graphitarmem Eisen und umgibt sie zum Schutze gegen das Reissen mit umgelegten Eisenringen. Zur Erleichterung des Anhebens und Fortbewegens versieht man sie mit zwei angegossenen oder eingeschraubten Zapfen.

Zum Einformen der Zapfen bedient man sich eines Holzmodells. Auch eine Modellplatte ist hierfür geeignet, auf welcher das Zapfenmodell seine bestimmte Stellung erhält, während die Stellung des Formkastens gegen das Modell durch Dübel, entsprechend den an der Gussschale befindlichen Dübeln, bezeichnet ist. Nach dem Trocknen und Schwärzen brauchen die Gussformen nur mit der Gussschale zusammengestellt zu werden.

Den Einguss lässt man tangential im unteren Zapfen münden, und der Guss erfolgt in derselben Weise wie auf Seite 318 beschrieben ist[2]).

4. Schmiedbarer Guss.

Allgemeines.

Man versteht unter der Benennung schmiedbarer Guss Erzeugnisse der Giesserei, welche aus weissem Roheisen gegossen und alsdann durch längeres Glühen in Berührung mit sauerstoffabgebenden Körpern, gewöhnlich Eisenerzen, des grössten Teils ihres Kohlenstoffgehalts beraubt

---

[1]) Die Darstellung des Hartgusses mit besonderer Berücksichtigung der Hartgusswalzen. Dinglers Polytechnisches Journal, Band 297, S. 1, 25.

[2]) Litteratur über Hartwalzenguss (ausser der in Fussanmerkung [1]) genannten Abhandlung): „Stahl und Eisen" 1892, S. 781 (aus Jernkontorets Annales 1892 Heft 2).

und dadurch schmiedbar gemacht wurden. Der Vorteil des Verfahrens beruht auf dem Umstande, dass Roheisen leichter giessbar ist als schmiedbares Eisen. Je dünner die Querschnitte der herzustellenden Gegenstände sind, desto schwieriger gestaltet sich die Benutzung schmiedbaren Eisens unmittelbar zum Giessen; die Anfertigung jener Gegenstände aber wird verhältnismässig einfach, wenn man sie aus Roheisen giesst und erst dann in der erwähnten Weise in schmiedbares Eisen umwandelt. Aus diesem Grunde erstreckt sich die Anwendung der Verfahren auch vorzugsweise auf die Herstellung kleiner Gussteile im Gewichte von wenigen Grammen bis höchstens einigen Kilogrammen; je grösser das Gewicht des herzustellenden Abgusses ist, desto schwieriger wird die erforderliche Entkohlung, während der unmittelbare Guss aus schmiedbarem Eisen (Stahl) an Schwierigkeit verliert. Kleinere Maschinenteile von den mannigfachsten Formen, welche grössere Festigkeit und Zähigkeit als Gusseisen besitzen sollen, sind das Haupterzeugnis des in Rede stehenden Verfahrens.

Auf Seite 59 wurde erwähnt, dass durch anhaltendes Glühen weissen Roheisens dessen Kohlenstoffgehalt in Temperkohle, d. i. eine dem Graphit ähnliche Kohlenstoffform, umgewandelt werde. Das Eisen verliert an Härte, wird leichter bearbeitbar, aber ohne weiteres noch nicht schmiedbar. Von dem Graphit unterscheidet sich jedoch die Temperkohle wesentlich dadurch, dass sie oxydierenden Einflüssen leicht zugänglich ist. Findet also während des Glühens eine Berührung mit sauerstoffabgebenden Körpern statt, so verbrennt die entstandene Temperkohle zu Kohlenoxyd [1]), welches entweicht, und das Eisen wird kohlenstoffärmer, schliesslich schmiedbar. Die Thatsache, dass Gussstücke durch die einfache Oberflächenberührung mit dem sauerstoffhaltigen Körper auch in den inneren Teilen ihres Querschnitts entkohlt werden können, sofern das Glühen ausreichend lange fortgesetzt wird, findet ihre Erklärung in einer Kohlenstoffwanderung, welche beginnt, sobald an der Oberfläche Kohlenstoff verbrennt. Von innen her fliesst alsdann Kohlenstoff nach, von Molekül zu Molekül fortwandernd, um den Ausgleich herzustellen [2]). Hieraus folgt aber, dass die erforderliche Zeitdauer für die Entkohlung mit der Dicke des Querschnitts des Arbeitsstücks wächst.

Vom chemischen Standpunkte aus nennt man die in Rede stehende Entkohlung des Roheisens Glühfrischen. Häufig ist es früher mit jenem einfachen Weichmachen des Roheisens, insbesondere des durch rasche Abkühlung hart gewordenen Roheisens, durch Ausglühen ohne Entkohlung verwechselt worden, und daher wird die hierfür seit Alters her übliche Benennung Tempern mitunter auch für das entkohlende Glühen bei Darstellung schmiedbaren Gusses benutzt.

---

[1]) Ob auch die ursprünglichen Kohlenstoffformen, Härtungs- und Karbidkohle, unmittelbar verbrennen können, oder ob sie stets zuvor in Temperkohle umgewandelt werden müssen, ist bislang nicht mit Sicherheit erwiesen, jedoch hat die letztere Annahme die grössere Wahrscheinlichkeit für sich. Vergleiche hierüber: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 1014.

[2]) Beweise für diese Kohlenstoffwanderung: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 1027.

Schon im 17. Jahrhunderte fand das Glühfrischen vereinzelte Anwendung; erst im 19. Jahrhunderte jedoch entstanden Fabriken, welche das Verfahren regelmässig und im grösseren Umfange betrieben, nachdem im Jahre 1804 in Grossbritannien ein Patent darauf erteilt worden war [1]).

Die erforderliche chemische Zusammensetzung der Gussstücke.

Bei jenem Glühen der Gussstücke in Berührung mit oxydierenden Körpern werden nur die mit dem gemeinsamen Namen „gebundene Kohle" benannten Kohlenstoffformen ausgeschieden, Graphit dagegen bleibt unbeeinflusst. Hieraus folgt, dass graues Gusseisen für die Durchführung des Verfahrens nicht benutzbar ist, sondern dass die Gegenstände aus weissem Roheisen gegossen werden müssen.

Weisses Roheisen aber schwindet stärker als graues, und die daraus gefertigten Gussstücke erhalten deshalb leichter als die aus Graueisen gegossenen Saugstellen oder Hohlräume im Innern, welche den Gegenstand unbrauchbar machen können. Wie in allen solchen Fällen finden sich diese Hohlräume stets da, wo das Metall am längsten flüssig blieb, also insbesondere, wo mehrere Glieder eines Abgusses zusammentreten. Ihre Entstehung ist um so unangenehmer, da sie häufig erst bei der Prüfung der Festigkeitseigenschaften des schon fertig geglühten Gegenstandes entdeckt werden. Die Wände dieser Hohlräume und die in ihnen gebildeten Tannenbaumkryställchen nehmen beim Glühen gewöhnlich schwarze Farbe an, und der Giesser pflegt daher die Hohlräume als „schwarze Stellen" zu bezeichnen. Dass die schwarzen Stellen in Wirklichkeit nichts anderes als Schwindungshohlräume sind, wird bei der Kleinheit der Abgüsse gewöhnlich erst bei Betrachtung mit der Lupe erkennbar [2]).

Der Uebelstand lässt sich abmindern, wenn auch nicht immer mit Sicherheit vermeiden, wenn man ein weisses Roheisen benutzt, welches mindestens 0,4 % Silicium, besser noch 0,6 bis 0,8 % enthält [3]). Damit aber das Roheisen trotz dieses Siliciumgehalts nicht grau werde, darf sein Gesamtkohlenstoffgehalt nicht sehr beträchtlich sein und in keinem Falle erheblich über 3 % hinausgehen.

Der Mangangehalt soll thunlichst niedrig sein und nicht über 0,4 % betragen. Ein höherer Mangangehalt würde in zweifacher Weise nachteilig wirken; er würde die Schwindung erhöhen, also die Gefahr für Entstehung jener erwähnten Hohlräume vergrössern, und er würde die Entkohlung beim Glühen verzögern [4]).

---

[1]) Ludwig Beck, Die Geschichte des Eisens, Band 4, Seite 108.

[2]) Die Entstehung dieser Hohlräume oder schwarzen Stellen bildet eine der Hauptschwierigkeiten bei Darstellung des schmiedbaren Gusses. Ueber die eigentliche, oben besprochene Ursache ihrer Entstehung aber sind die Giesser meistens im Unklaren.

[3]) Silicium bewirkt zwar, sofern es in reichen Mengen zugegen ist, unmittelbar eine Erhöhung des Schwindmasses, vermag aber in kleineren Mengen die Schwindung zu verringern.

[4]) Ein von Forquignon versuchsweise benutztes Roheisen mit 1,78 % Mangan hatte nach 72stündigem Glühen in Roteisenerz seinen Kohlenstoff-

Da man an die Festigkeit, insbesondere Zähigkeit, des schmiedbaren Gusses und Temperstahls höhere Ansprüche als an die des Gusseisens zu stellen berechtigt ist, darf der Phosphorgehalt nicht hoch und muss in jedem Falle niedriger sein, als man auch in den vorzüglicheren Sorten Grauguss für zulässig hält. 0,2 % Phosphor dürfte als das höchste zulässige Mass bezeichnet werden können.

Ein Schwefelgehalt von 0,1 % oder wenig darüber übt weder auf das Verhalten des Eisens beim Giessen noch auf die Eigenschaften der geglühten Fertigware merkbar nachteilige Einflüsse aus. Er wirkt sogar in gewissem Sinne wohlthätig, indem er die Graphitausscheidung im Roheisen auch bei höherem Siliciumgehalte verhindert und demnach die Benutzung eines siliciumreicheren, für die Erzielung dichter Güsse geeigneteren Gusseisens erleichtert. Als ein Missgriff aber muss es bezeichnet werden, wenn manche Giessereien in Rücksicht auf den zuletzt erwähnten Einfluss eines Schwefelgehalts Roheisensorten verwenden, deren Schwefelgehalt man absichtlich auf 0,3 bis 0,4 %, mitunter noch darüber, angereichert hatte. Das Roheisen wird dadurch dickflüssig, die Neigung, Saugstellen und Hohlräume zu bilden, wird auch bei hohem Siliciumgehalte gesteigert, und auf die Festigkeitseigenschaften des geglühten Eisens kann ein so hoher Schwefelgehalt ebenfalls nicht ohne schädigende Einwirkung bleiben.

Es ergibt sich demnach folgende anzustrebende Zusammensetzung der zum Glühen bestimmten Gusstücke:

Kohlenstoff . .	2,8 bis 3,10 %
Silicium . . .	0,6 bis 0,80 %[1]
Mangan höchstens	0,40 %
Phosphor „	0,20 %
Schwefel „	0,15 %

Bei der Auswahl des zum Schmelzen bestimmten Einsatzes für die Darstellung dieser Gussstücke müssen nun aber die Einflüsse des Schmelzens auf die chemische Zusammensetzung Berücksichtigung finden, welche im zweiten Abschnitte bereits besprochen wurden, und in folgendem unter Bezugnahme auf den hier vorliegenden Fall nochmals Erwähnung finden sollen.

Das Schmelzen und dessen Einflüsse.

Aus dem vorstehend Gesagten ergibt sich, dass die erforderliche chemische Zusammensetzung des Gusseisens innerhalb ziemlich enger Grenzen sich bewegt. Hieraus folgt, dass das Tiegelschmelzen, welches die Zusammensetzung des Einsatzes am wenigsten ändert, und bei welchem insbesondere die Zusammensetzung des Schmelzerzeugnisses am wenigsten von Zufälligkeiten abhängt, am leichtesten befriedigende Ergebnisse liefert, und es erklärt sich hierdurch zur Genüge, dass dieses

gehalt von 3,79 % nur auf 3,03 % verringert („Stahl und Eisen“ 1886, S. 385); bei noch höherem Mangangehalte kann es geschehen, dass überhaupt keine Kohlenstoffabnahme eintritt.

[1]) Ich habe Gusstücke mit einem Siliciumgehalte bis zu 0,9 % gefunden, welche sich als gut brauchbar erwiesen.

Schmelzverfahren trotz seiner höheren Kosten noch häufig für Darstellung schmiedbaren Gusses in Anwendung ist.

Man wählt als Einsatz ein weisses Roheisen von ungefähr der nämlichen Zusammensetzung, welche die Gusswaren besitzen sollen. Verschiedene Hochofenwerke liefern ein hierfür geeignetes Roheisen, welches aus manganarmen und phosphorarmen Roteisenerzen bei kaltem Gange des Hochofens erblasen wurde (sogenanntes weisses Hämatitroheisen), nicht selten allerdings schwefelreicher ist, als man wünschen darf. Häufig wird ein in den Hochöfen von Cumberland und Lancashire erzeugtes Roheisen verwendet, dessen Zusammensetzung den oben mitgeteilten Ziffern zu entsprechen pflegt.

Fehlt es dem Einsatze an Silicium, so lässt sich Abhilfe schaffen, indem man eine entsprechende Menge Siliciumeisen beigibt; ist der Kohlenstoffgehalt zu hoch, so setzt man schmiedbares Eisen zu. Auch ohne Anwendung von Weisseisen würde man imstande sein, ein Schmelzerzeugnis von geeigneter Zusammensetzung zu erhalten, indem man ein mangan- und phosphorarmes Graueisen in dem seinem Silicium- und Kohlenstoffgehalte entsprechenden Verhältnisse mit schmiedbarem Eisen zusammenschmelzt. Wie man sieht, gibt es ziemlich viele Wege, um zum Ziele zu gelangen, und der denkende Betriebsleiter wird unter Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung der ihm zur Verfügung stehenden Eisensorten unschwer einen richtigen Weg wählen können, während er ohne dieses Hilfsmittel stets Gefahr läuft, Missgriffe zu begehen, sobald die Zusammensetzung seiner Eisensorten sich ändert. Alle in Zeitschriften für die Zusammensetzung der Einsätze gegebenen Regeln, welche sich nur auf das gegenseitige Verhältnis von Weisseisen, Graueisen und schmiedbarem Eisen beziehen, ohne auf den Gehalt dieser Eisensorten an Kohlenstoff und Silicium Rücksicht zu nehmen, besitzen daher keinen Wert[1]).

Die Eingüsse, Trichter und Ausschussstücke von den früheren Güssen werden dem eigentlichen Einsatze beim Schmelzen beigefügt. Beim Füllen der Tiegel ist darauf Bedacht zu nehmen, dass möglichst kleine Zwischenräume zwischen den einzelnen Stücken bleiben.

Die Einflüsse, welche die Beschaffenheit des Tiegels und die Temperatur beim Schmelzen auf die Zusammensetzung des Einsatzes ausüben können, wurden schon früher (Seite 92) besprochen. Besonders wichtig ist die Regelung der Temperatur: während in niedriger Temperatur Silicium aus dem Einsatze wegbrennen kann, wird in hoher Temperatur, zumal wenn das Schmelzen lange genug fortgesetzt wird, Silicium aus den Tiegelwänden reduziert und in das Eisen geführt. Eine Abnahme des Siliciumgehalts würde von Nachteil sein, eine Anreicherung ist fast immer von Nutzen, denn nur selten besitzt der Einsatz bereits jenes höchste, oben als zulässig bezeichnete Mass des Siliciumgehalts. Man schmelzt daher in hoher Temperatur und setzt den Tiegel samt seinem Inhalte, auch wenn der Einsatz bereits flüssig

---

[1]) Solche Vorschriften sind z. B.: 75 Teile Graueisen mit 25 Teilen schmiedbarem Eisen; oder: 50 Teile Graueisen, 5 Teile Weisseisen, 45 Teile schmiedbares Eisen (für stärkere Gussstücke) u. a. m. (Rott, Darstellung des schmiedbaren Gusses und Tempergusses, Leipzig 1881).

geworden ist, noch einige Zeit der Einwirkung der hohen Temperatur aus.

Zum Schmelzen werden die früher beschriebenen Tiegelschachtöfen mit Koksfeuerung benutzt.

Versuche, das kostspielige Tiegelschmelzen für Darstellung schmiedbaren Gusses durch Schmelzen im Kupolofen zu ersetzen, sind bereits in früheren Jahrzehnten öfter gemacht worden, doch anfänglich ohne recht befriedigenden Erfolg. Der Einsatz ändert eben beim Kupolofenschmelzen in stärkerem Grade seine chemische Zusammensetzung, und das Mass dieser Aenderungen ist mehr als beim Tiegelschmelzen durch Zufälligkeiten bedingt. Dieser Umstand musste doppelt gefährlich für den glücklichen Erfolg werden, so lange man nicht die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung, insbesondere auch des Siliciumgehalts im Gusseisen, für das Gelingen des Verfahrens kannte. In grösserem Massstabe wurde das Verfahren in den siebenziger Jahren des vorigen Jahrhunderts zuerst in Belgien wieder aufgenommen; in der Jetztzeit besitzen die meisten Fabriken für Darstellung schmiedbaren Gusses neben den Tiegelöfen auch Kupolöfen, welche insbesondere für den Guss grösserer Gegenstände Verwendung finden.

Den Hauptbestandteil des Einsatzes in den Kupolofen pflegen Abfälle schmiedbaren Eisens zu bilden; um diesem Einsatze den erforderlichen Siliciumgehalt zuzuführen, setzt man eine gewisse Menge mangan- und phosphorarmen Graueisens oder Siliciumeisens zu[1]). Beim Schmelzen im Kupolofen aber nimmt das schmiedbare Eisen Kohlenstoff auf, während der Siliciumgehalt zum Teil wegbrennt; es entsteht ein Roheisen mit ungefähr 3 % Kohlenstoff, dessen Zusammensetzung allerdings mit der oben als mustergültig angegebenen übereinstimmen kann, häufig aber auch einen zu niedrigen Siliciumgehalt aufweist und deshalb zu Misserfolgen Veranlassung gibt[2]). Als man anfing, den Kupolofen für diesen Zweck zu benutzen und einen Einsatz zu wählen, welcher zum grösseren Teile aus schmiedbarem Eisen bestand, hielt man das Schmelzerzeugnis für wirklichen Stahl, welcher durch das nachfolgende Glühen nur noch weich gemacht zu werden brauche, ohne der Entkohlung zu

---

[1]) Eine ältere Vorschrift für die Zusammensetzung des Einsatzes ist z. B.: 90—85 Teile schmiedbaren Eisens mit 10—15 Teilen schwedischen Holzkohlenroheisens (Rott, in der genannten Schrift, S. 13). Nun enthält aber gerade das Holzkohlenroheisen, zumal das schwedische, selten viel Silicium, und in der That haben verschiedene Giessereien, die nach jener Vorschrift arbeiteten, mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt, bis sie ein erheblich siliciumreicheres Roheisen (Siliciumeisen) zusetzten oder den Roheisenzusatz stark vergrösserten.

[2]) Als Beispiele der Zusammensetzung solcher wegen zu niedrigen Siliciumgehalts fehlerhafter, vor dem Glühen von mir untersuchter Gussstücke mögen folgende dienen:

	Kohlenstoff.	Silicium.	Mangan.
aus 20 Teilen Holzkohlenroheisen mit 80 Teilen Blechabfällen erfolgt	nicht best.	0,19	0,29
„ 12 „ Koksroheisen (mit 3 % Silicium), 24 Teilen Bruch von der früheren Schmelzung, 64 Teilen Blechabfällen	3,36	0,31	0,27

Ein gut brauchbares Gussstück enthielt dagegen 3,28 % Kohlenstoff, 0,45 % Silicium, 0,20 % Mangan. Auch hier ist der Kohlenstoffgehalt recht hoch.

bedürfen. Man nannte deshalb die aus dem Kupolofen gegossenen Waren Temperstahlguss. Noch jetzt findet die schlechtgewählte Bezeichnung mitunter Anwendung.

Auch bei dem Schmelzen im Kupolofen ist eine starke Erhitzung erspriesslich. Man wählt einen Ofen von nicht zu weitem Durchmesser und schmelzt mit etwas reicherem Aufwande an Koks als bei Erzeugung gewöhnlichen Graugusses.

In grossen Fabriken bedient man sich auch mit Nutzen des Flammofens mit Siemensfeuerung, ähnlich dem auf Seite 101 abgebildeten Martinofen, zum Schmelzen des Gusseisens. Besonders auf nordamerikanischen Werken ist dieses Schmelzverfahren gebräuchlich. Zwar ist die Brennstoffausnutzung im Flammofen minder günstig als im Kupolofen, und die Anlagekosten des ersteren sind höher; aber das geschmolzene Metall bleibt, ohne dem Ofen entnommen werden zu müssen, zugänglich, man kann Proben nehmen, nach Bedarf Zusätze geben und solcherart die Zusammensetzung regeln, ehe das Abstechen stattfindet. Die Benutzung eines Flammofens, insbesondere eines solchen mit Siemensfeuerung ist jedoch nur bei einem umfänglichen Betriebe mit grosser Erzeugung möglich; zum Schmelzen von nur 3 t Eisen oder noch weniger an einem Tage würde er nicht als vorteilhaft sich erweisen.

Nach dem Schmelzen, es möge im Tiegel, Kupolofen oder Flammofen bewirkt sein, wird, wie stets beim Giessen, die Vermeidung der Entstehung von Saugstellen durch entsprechende Abkühlung des überhitzten Metalls erleichtert; wegen der meistens nur geringen Querschnitte der herzustellenden Abgüsse lässt sich jedoch nur ein beschränkter Gebrauch von diesem Mittel machen.

Die Gussformen.

Man fertigt sie, wie bei gewöhnlichem Grauguss, in grünem Sande oder in einzelnen Fällen in Masse. Bringt man verhältnismässig starke Eingüsse an, so erhält man dadurch die Möglichkeit, rascher zu giessen und demnach auch ein stärker abgekühltes Metall zu verwenden, also, wie soeben hervorgehoben wurde, die Gefahr für die Entstehung von Saug- und Hohlstellen abzumindern.

Das Glühen und die Oefen dafür.

Eine Entkohlung durch Glühen im Luftstrome zu bewirken, würde nicht thunlich sein, da das Eisen selbst hierbei zum grossen Teile verbrannt werden würde[1]). Man muss weniger kräftig wirkende Oxydationsmittel verwenden, welche nur den Kohlenstoff des Eisens beeinflussen. Das gewöhnlich angewendete Glühmittel ist Eisenerz oder

---

[1]) Solches durch die Luft oder oxydierende Gase (Kohlensäure, Wasserdampf) ganz oder teilweise in Oxyd umgewandeltes Eisen heisst Brandeisen. Es ist rot, brüchig, auch zum Einschmelzen im Kupolofen unbenutzbar. Eine von mir untersuchte Platte eines gusseisernen Stubenofens, welche lange Zeit der Einwirkung der Stichflamme ausgesetzt gewesen war, enthielt 28,9 v. H. Sauerstoff, 68,4 v. H. Eisen, 0,96 v. H. Kohlenstoff (als Graphit), übrigens die gewöhnlichen Begleiter des Eisens (Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, S. 275).

Hammerschlag oder ein Gemisch aus beiden. Auch andere Körper würden für den gleichen Zweck brauchbar sein[1]; sie sind jedoch teils kostspieliger als Eisenerze, teils wirken sie langsamer als diese, so dass keine Veranlassung vorliegt, sie diesem billig zu beschaffenden Stoffe vorzuziehen.

Am kräftigsten oxydierend würde reiner Roteisenstein, aus Eisenoxyd ($Fe_2 O_3$) bestehend, wirken. Eine allzu starke Einwirkung aber ist nicht einmal erwünscht. Die Gusstücke bekommen durch die heftige Kohlenoxydgasbildung eine lockere, schwammige Beschaffenheit, verlieren dadurch an Brauchbarkeit und werden unansehnlich. Wo also ein solcher reiner Roteisenstein benutzt werden soll, mischt man ihm Verdünnungsmittel bei. Am nächsten liegt die Verwendung von schon gebrauchtem Erze hierfür; denn bei dem Glühen verliert das Erz, indem es den Kohlenstoff verbrennt, einen Teil seines Sauerstoffgehalts und dadurch seiner oxydierenden Kraft. Reicht das gebrauchte Erz nicht aus, oder sieht man aus sonstigen Gründen von dessen Verwendung ab, so mischt man Hammerschlag (Eisenoxyduloxyd) bei; auch wohl Kalkstein, welcher noch kräftiger abschwächend wirkt, oder gar Kokspulver. Letzteres wirkt nicht allein als Verdünnungsmittel, sondern es mindert beim Glühen den Sauerstoffgehalt des Erzes ab, indem es durch ihn zu Kohlenoxyd verbrannt wird. Die Anwendung dieses letzteren Zusatzes ist daher nicht gerade empfehlenswert und muss jedenfalls mit Vorsicht geschehen.

Magneteisenerz und Hammerschlag bestehen beide aus Eisenoxyduloxyd. Sie sind sauerstoffärmer als Roteisenerz und lassen sich demnach auch im unvermischten Zustande benutzen. Manche Werke benutzen mit Vorliebe gerösteten Spateisenstein. Sein Eisengehalt ist zwar grösstenteils in Form von Eisenoxyd zugegen, jedoch stets durch Kalkerde, Magnesia und Manganoxyduloxyd ziemlich reichlich verdünnt. Die Wirkung dieses Erzes ist deshalb weniger kräftig als die des reinen Roteisenerzes.

Auf fast jedem Werke findet man andere Mischungen als Glühmittel, und die verschiedene Zusammensetzung der zu Gebote stehenden Stoffe rechtfertigt diese Thatsache. Bestimmte, allgemein gültige Vorschriften für die Mischungsverhältnisse lassen sich überhaupt nicht geben. Ausgeschlossen von der Benutzung als Glühmittel müssen jedoch solche Körper sein, welche in der Glühtemperatur leicht sintern oder gar schmelzen. Rot- oder Magneteisenerze, welche mit Quarz reichlich durchwachsen sind, Hammerschlag, welcher durch Sand stark verunreinigt ist, würden sich nicht gut bewähren. Auch schwefelreiche Erze sind von der Benutzung als Glühmittel auszuschliessen, da aus ihnen ein Teil des Schwefelgehalts an das Eisen übergeht und dessen Eigenschaften benachteiligt.

Die zur Verwendung als Glühmittel bestimmten Körper werden zu einem gröblichen Pulver gemahlen und gesiebt.

Kleinere zu glühende Gegenstände werden mit dem Glühmittel in gusseiserne Töpfe oder Kästen eingepackt, welche 30 bis 60 cm im

---

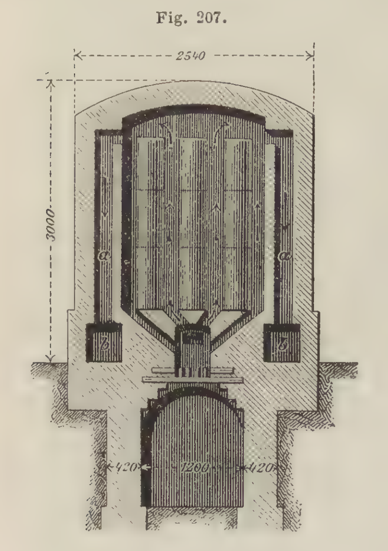
[1]) Beispiele hierfür: Annales de chimie et de physique, série V, tome XXIII, p. 443; auch „Stahl und Eisen" 1886, S. 380.

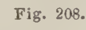
Durchmesser weit und 50 bis 80 cm hoch zu sein pflegen. Man streicht sie vor der Benutzung mit Kalkmilch aus, um ein Anfritten des Glühmittels zu erschweren. Auf den Boden des Topfes kommt eine Schicht des als Glühmittel dienenden Erzes, dann eine Lage Gussstücke, hierauf wieder Erz u. s. f. Die oberste Schicht besteht wieder aus Erz, worauf der Topf durch einen gut passenden Deckel geschlossen wird. Da Entkohlung nur bei inniger Berührung zwischen dem Glühmittel und den Gussstücken stattfindet, ist Sorgfalt beim Einbetten der Gussstücke unerlässlich, damit sie dicht von dem Glühmittel umschlossen werden. Nicht selten ereignet sich der Fall, dass einzelne Gussstücke wegen unvollständiger Berührung mit dem Glühmittel hart und spröde bleiben.

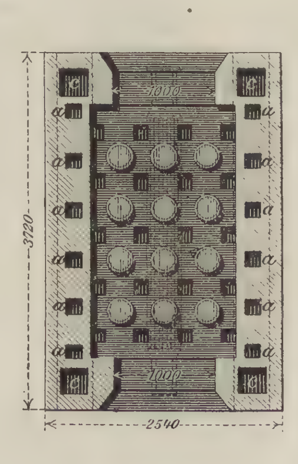
Die Oefen, welche zur Aufnahme der Glühtöpfe für Darstellung schmiedbaren Gusses dienen (Temperöfen), müssen befähigt sein, jene auf eine hohe und gleichmässige Temperatur zu erhitzen. Von der richtigen Temperatur beim Glühen hängt zum nicht geringen Teile das gute Gelingen des Verfahrens ab. Ist an einer Stelle des Ofens die Temperatur niedriger als an einer anderen, so können auch die erfolgenden Erzeugnisse nicht die gleiche Beschaffenheit besitzen.

Im übrigen ist die Einrichtung der Oefen auf verschiedenen Werken nicht immer gleich. Einen ziemlich einfach eingerichteten Glühofen zeigen die Figuren 207 und 208 [1]). Je drei Töpfe sind aufeinander

Fig. 207.




Fig. 208.



gestellt, so dass nur die oberen mit einem Deckel geschlossen zu werden brauchen, und der Ofen fasst 12 solcher Topfsätze, also im ganzen 36 Glühtöpfe. Unterhalb der Ofensohle liegt, in der ganzen Länge sich erstreckend, der überwölbte Rost, und die Feuerungsgase gelangen durch 20 Züge, welche in Fig. 207 im Durchschnitte, in Fig. 208 von oben

[1]) Nach C. Rott, Darstellung des schmiedbaren Gusses.

sichtbar sind, in den Heizraum. Nachdem sie zwischen den Töpfen emporgestiegen sind, wenden sie sich den beiden Längsseiten zu, ziehen durch 12 senkrechte in den Ofenwänden angebrachte Kanäle a a abwärts, um in die beiden wagerechten Kanäle b b zu gelangen, und werden schliesslich durch die vier in den Ecken des Ofens angebrachten Essenröhren c c ins Freie geführt. Zum Besetzen und zum Entleeren des Ofens dienen die beiden in den Stirnseiten angebrachten Thüröffnungen, welche während des Glühens vermauert werden.

Ein Glühofen von noch vollkommener Einrichtung (von Querfurthscher Glühofen), seit Jahren auf dem Eisenwerke Schönheiderhammer im Erzgebirge mit gutem Erfolge in Benutzung, ist in Fig. 209 und 210 abgebildet[1]). An den zwei Längsseiten des Ofens sind die Feuerungen f f angebracht. Durch drei Reihen Kanäle gelangen die hier entwickelten Gase in den Heizraum, um hier durch atmosphärische Luft verbrannt zu werden, welche durch eine zweite Gruppe von Kanälen zugeleitet wird. Fig. 209 lässt zwei solcher Luftkanäle oberhalb der Gaskanäle erkennen. Durch Züge in der Decke des Ofens entweichen schliesslich die Gase in die Esse. Der Boden a des Ofens ist aus feuerfesten Ziegeln gemauert und ruht auf einem mit Lehm ausgekleideten Gusseisenrahmen, welcher von vier senkrecht stehenden Schraubenspindeln mit steilen Gewinden getragen wird, wie Fig. 209 zeigt. Die Schraubenspindeln stecken in je einer mit Muttergewinde versehenen Nabe eines Winkelgetriebes, so dass, wenn die Getriebe gedreht werden, die Schraubenspindeln und mit ihnen der ganze Boden des Ofens auf- oder abwärts bewegt werden. Für die Abwärtsbewegung finden die Spindeln den nötigen Raum in Röhren, welche im Boden unterhalb der Getriebe angebracht sind. Die Bewegung der Getriebe wird bei der Emporbewegung durch Drehung der Kurbel v bewirkt; der Niedergang erfolgt selbstthätig

Fig. 209.

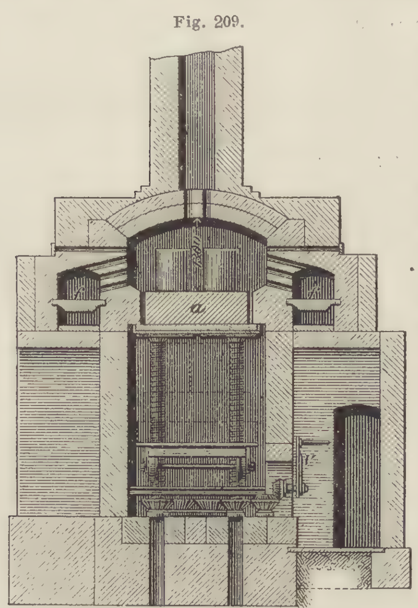
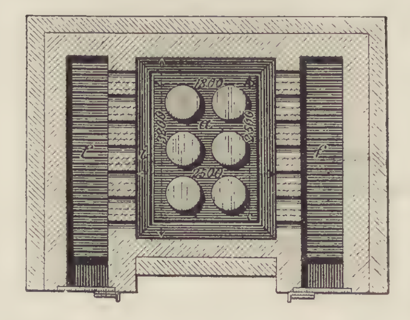


Fig. 210.



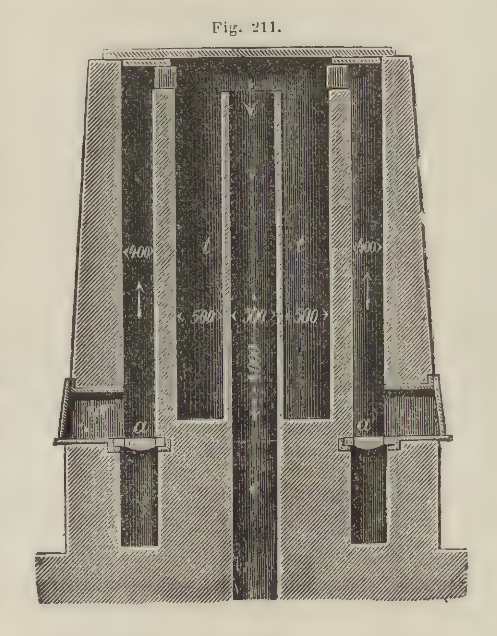
[1]) Patentschrift Nr. 36124.

durch das eigene, etwa 5 Tonnen betragende Gewicht des Bodens, sobald der Einleger an der Kurbel, welcher diese festhält, gelöst wird. Für jeden Ofen sind zwei Böden erforderlich, welche im Betriebe wechseln; zwei Wagen, mit Oeffnungen für die Schraubenspindeln versehen, dienen zum Zu- und Abfahren der Böden mit den darauf befindlichen Glühtöpfen. Ist das Glühen beendet, so wird die Kurbel frei gemacht, der Boden senkt sich und wird von dem unten stehenden Wagen aufgenommen. Die Schraubenspindeln werden so weit abwärts gedreht, bis der Wagen frei ist und fortgerollt werden kann; der zweite Wagen mit den frisch gefüllten Gefässen wird an seine Stelle gefahren, der Boden wird gehoben, und das Glühen nimmt seinen Fortgang.

Der Hauptvorteil dieses Ofens liegt in der Möglichkeit, einen ununterbrochenen Betrieb zu führen. Er braucht nicht erst abgekühlt zu werden, um entleert und aufs neue gefüllt werden zu können. Dadurch wird Zeit und Brennstoff gespart.

Beim Glühen gröberer Gegenstände würde ein Einbetten in Glühtöpfe erhebliche Abmessungen dieser erforderlich machen. Man zieht es deshalb vor, in dem Glühofen durch Aufmauerung aus feuerfesten Steinen eine Art von Gefäss zu schaffen, in welches sämtliche zu glühende Gegenstände mit den als Glühmittel dienenden Erzen zusammen eingepackt werden. Die Aufgabe lässt sich in verschiedener Weise lösen. Man würde, wie bei der Zementstahldarstellung, eine gemauerte Kiste von rechteckiger Grundform, etwa 1 m breit und hoch, benutzen können, welche rings von der Flamme der unter der Kiste liegenden Rostfeuerung umspült wird; häufiger findet man Gefässe von ringförmigem Grundrisse und ziemlich beträchtlicher Höhe. Die Abbildung Fig. 211 [1]) zeigt den Querschnitt durch einen derartigen Ofen. Der Grundriss kann Kreisform oder gestreckte Form (Rechteck mit gebrochenen Ecken) erhalten. Rings an dem ganzen Umfange sind die durch einzelne Feuerthüren zugänglichen Roste a angebracht, von welchen aus die Gase in dem darüber befindlichen Ringkanale emporsteigen, um dann abwärts durch c nach der etwa 10 m hohen Esse zu entweichen. Besitzt der Ofen im Grundrisse Kreisform, so steht die Esse seitlich und ist durch einen Kanal mit dem Kanale c

Fig. 211.



[1]) C. Rott, Darstellung des schmiedbaren Gusses.

verbunden; bei länglicher Grundrissform dagegen kann man, um einer ungleichmässigen Wärmeverteilung entgegen zu wirken, in den Ecken des Ofens vier Essen anordnen, nach welchen ebenso viele Kanäle von c aus hinführen. t ist der Glühraum, dessen innere Wand aus nur 60 bis 70 mm starken, gut aufeinander passenden Schamotteziegeln besteht. Sie wird erst beim Füllen des Ofens aufgeführt und beim Entleeren wieder entfernt. Damit das Ofeninnere zugänglich sei, besteht die Decke aus einzelnen zum Abnehmen eingerichteten Steinen, deren Fugen beim Auflegen gut verstrichen werden.

Für das Füllen dieser Oefen sind dieselben Regeln massgebend, wie für das Füllen von Glühtöpfen (abwechselnde Lagen der Gussstücke und des als Glühmittel dienenden Erzes, dichtes Einbetten in das Erz), nur pflegt man die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stücken etwas reichlicher zu nehmen. Auf die oberste Lage der Gussstücke kommt auch hier nochmals eine Schicht des Glühmittels, und das Ganze wird dann durch aufgelegte Ziegelsteine abgedeckt.

Die Zeitdauer, während welcher die Gegenstände im Ofen verweilen, beträgt bei Darstellung schmiedbaren Gusses und bei Benutzung von Oefen, welche zuvor kalt gelegen haben und zum Zwecke des Ausbringens wieder abgekühlt werden müssen, 7 bis 9 Tage (abweichend nach der Grösse der zu tempernden Gegenstände und der beabsichtigten Verringerung des Kohlenstoffgehalts), wobei 2 Tage auf das Anfeuern, 3 bis 5 Tage auf das Vollfeuer und 2 Tage auf die allmählich zu bewirkende Abkühlung zu rechnen sind. Wendet man einen Ofen mit beweglichem Boden an, wie oben beschrieben wurde, so dass die Gegenstände sofort in den heissen Ofen eingesetzt werden können, so lässt sich die Zeitdauer des Verweilens im Ofens um mehrere Tage abkürzen. Ein $4^1/_2$ tägiges Glühen ist in diesem Falle häufig ausreichend.

Von Wichtigkeit ist die Regelung der Temperatur beim Glühen. Während des Vollfeuers muss Gelbglut, und zwar nach Versuchen Roystons[1]) eine Temperatur von 860 bis 900° C. im Ofen herrschen. Steigt die Temperatur zu hoch, so verziehen sich die Gegenstände oder beginnen wohl gar zu schmelzen; bleibt sie zu niedrig, so fällt die Entkohlung unvollständig aus. Auf manchen Werken bedient man sich eines Pyrometers, welches sicherer als der Augenschein die Erkennung der durch die Erfahrung als bewährt gefundenen Temperatur ermöglicht[2]).

Nach beendigtem Glühen werden die Gegenstände von dem anhaftenden Glühmittel gereinigt, kleinere gewöhnlich in umlaufenden Trommeln mit Sand gescheuert oder mit Hilfe eines Sandstrahlgebläses (Seite 352) gepelzt. Grössere Stücke, z. B. Räder, bedürfen nicht selten einer nochmaligen Erhitzung in einem besonderen Ofen, um im glühenden Zustande unter einer Presse gerichtet zu werden, wenn sie beim Glühen sich verzogen hatten.

---

[1]) „Stahl und Eisen" 1897, Seite 630.

[2]) Gut geeignet hierfür ist das Pyrometer von Le Chatelier (Bezugsquelle W. C. Heraeus in Hanau).

Mit dem Hammer und der Feile prüft man, ob die geglühten Gusswaren den erforderlichen Grad von Weichheit und Geschmeidigkeit erlangt haben; im anderen Falle müssen sie nochmals zum erneuten Glühen eingepackt werden.

Die fertigen Gegenstände.

Beim Glühen bleibt der Silicium-, Mangan- und Phosphorgehalt annähernd unverändert [1]). Ein möglichst geringer Gehalt der Gussstücke an Mangan ist deshalb auch zur Erlangung eines durch Zähigkeit ausgezeichneten Erzeugnisses wünschenswert, während der Siliciumgehalt aus den oben besprochenen Gründen nicht weniger als 0,4 % betragen soll.

Der Schwefelgehalt kann beim Glühen durch Aufnahme aus dem Glühmittel Anreicherung erfahren. Die Schmiedbarkeit im engern Sinne (Bearbeitungsfähigkeit in Rotglut) würde durch einen hohen Schwefelgehalt benachteiligt werden; weniger deutlich bemerkbar ist zwar der Einfluss auf die Festigkeit und Zähigkeit in gewöhnlicher Temperatur, aber immerhin muss jene Schwefelaufnahme als ein unerwünschter Vorgang betrachtet werden. Die Wahl schwefelarmer Glühmittel ist deshalb anzustreben, wie schon oben bemerkt wurde.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt schwankt zwischen 0,1 bis 1 %. Er ist abhängig von der Temperatur beim Glühen, der Zeitdauer des Glühens und der Beschaffenheit des Glühmittels. Aber nicht allein die Höhe des Kohlenstoffgehalts, sondern auch die Formen, in welchen der Kohlenstoff anwesend ist, erleiden beim anhaltenden Glühen eine durchgreifende Veränderung. Die Härtungskohle verschwindet vollständig, sofern die Abkühlung ausreichend langsam von statten ging [2]), und das Eisen enthält alsdann teils Karbid-, teils Temperkohle. Hieraus erklärt es sich, dass das geglühte Eisen selbst dann als ziemlich weich und geschmeidig sich erweisen kann, wenn der Kohlenstoffgehalt noch über jener angegebenen Grenze liegt. Der Fall kommt bei ausreichend langem Glühen vor, sofern das angewendete Glühmittel nicht kräftig genug wirkte oder die Berührung mit dem zu glühenden Gegenstande nicht innig genug war.

So z. B. enthielt ein von mir untersuchtes Stück schmiedbaren Eisens, welches bei der Prüfung sich als noch brauchbar erwiesen hatte:

Karbid-kohle	Temper-kohle	Gesamt-kohle	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel
0,81	0,91	1,72	0,59	0,05	0,01	0,20

Ein Stück weissen Roheisens, welches in Holzkohle zu dem Zwecke geglüht worden war, die Einflüsse des Glühens in hoher Tem-

---

[1]) Untersuchungen hierüber: Dinglers Polyt. Journal, Bd. 207, S. 51 (Davenport); Annales de chimie et de physique, série V, tome XXIII, p. 433, deutsch bearbeitet in „Stahl und Eisen“ 1886, S. 380 und 777, (Forquignon); „Stahl und Eisen“ 1885, S. 471 (Platz).

[2]) Man erwäge, dass das Verhältnis zwischen Härtungs- und Carbidkohle weniger von dem vorausgehenden Glühen als vielmehr von dem Verlaufe der Abkühlung abhängt. Je langsamer diese stattfindet, desto weniger Härtungskohle bleibt zurück (Seite 59).

peratur ohne stattfindende Oxydationswirkung kennen zu lernen, erwies sich als leicht feilbar und liess sich in Rotglut bei einiger Vorsicht sogar schmieden; die Untersuchung ergab:

Karbidkohle	Temperkohle	Gesamtkohle	Silicium	Mangan
0,42	1,44	1,86	0,76	0,10

Vor dem Glühen hatte der Gesamtkohlenstoffgehalt 2,31 % betragen; es hatte also auch beim Glühen in Holzkohle seltsamerweise eine Abnahme des Kohlenstoffgehalts stattgefunden [1]).

Dagegen erweisen sich Stücke schmiedbaren Gusses, in gewöhnlicher Weise hergestellt, aber in zu niedriger Temperatur geglüht, gewöhnlich als spröde, auch wenn ihr Kohlenstoffgehalt nicht höher sein sollte, als bei den vorstehend erwähnten.

Als Ergänzung zu diesen Mitteilungen über die Zusammensetzung nicht genügend entkohlter Gussstücke möge hier auch die Zusammensetzung zweier brauchbarer Gegenstände aus schmiedbarem Guss Platz finden:

	Gesamtkohle	Silicium	Mangan	Schwefel	Phosphor
Giesserei aus einer deutschen	0,35	0,69	0,16	0,30	0,05
„ „ „ österreichischen	0,38	0,92	0,21	0,05	0,07

Das deutsche Gussstück wurde als brauchbar, das österreichische als vorzüglich schmied- und schweissbar bezeichnet. Ersteres besitzt einen bedenklich hohen Schwefelgehalt, welcher vermutlich teilweise erst beim Glühen zugeführt wurde; letzteres ist ausnahmsweise reich an Silicium, woraus sich ergibt, dass auch ein so hoher Siliciumgehalt nicht merklich nachteilig auf das Verhalten des Fertigerzeugnisses einzuwirken vermag.

Das Gefüge der getemperten Waren ist um so grobkörniger, je höher die Temperatur beim Glühen und je stärker die Entkohlung war. Ist das Gefüge sehr feinkörnig, dem des harten Stahls ähnlich, so sind die Gegenstände gewöhnlich noch hart und spröde. Stark entkohlte Gussstücke pflegen, wenn sie durch allmähliches Umbiegen, nicht durch einen plötzlichen Schlag, gebrochen wurden, Andeutungen faserähnlicher Bildungen an der Bruchstelle zu zeigen.

Die Festigkeit der fertigen Gegenstände ist höher als die des gewöhnlichen Gusseisens, bleibt aber merklich hinter der eines guten schmiedbaren Eisens, welches durch die gewöhnlichen Verfahren erzeugt und durch Hämmern oder Walzen bearbeitet wurde, zurück. Das gleiche gilt von der Zähigkeit. Bei einer grossen Zahl von Versuchen, welche durch Palmer Ricketts mit besonders für diesen Zweck gefertigten, von zwei verschiedenen Werken gelieferten Stäben angestellt wurden [2]), schwankten die Ziffern der Zugfestigkeit zwischen 18,7 bis 31,0 kg auf 1 qmm, die Längenausdehnung beim Bruche betrug 1,1 bis 7,6 % der ursprünglichen Länge, die Querschnittsverringerung 0 bis 8 %; mehrere Reihen von Festigkeitsprüfungen, welche bei der Charlotten-

[1]) Näheres hierüber: „Stahl und Eisen“ 1886, Seite 381 und 777.

[2]) Iron, Band XXV, Seite 358.

burger Versuchsanstalt ausgeführt wurden[1]), ergaben nachstehende Mittelwerte:

	Zugfestigkeit auf 1 qmm kg	Querschnitts-abnahme v. H.	Längenausdehnung auf 200 mm ursprüngliche Länge v. H.
Erste Versuchsreihe	25,1	8,8	2,5
Zweite „	25,8	8,2	2,5
Dritte „	38,6	2,0	0,0

Gut geglühte Gussstücke von 2 bis 3 mm Stärke müssen sich um einen mässig starken Dorn kalt um 180° biegen lassen; bisweilen kann man sie flach zusammenschlagen, ohne Bruch zu veranlassen.

Dem ausgeglühten Formgusse aus schmiedbarem Eisen (Stahlformgusse) stehen die Gegenstände aus schmiedbarem Gusse nach, wenn man die Festigkeitseigenschaften beider Gruppen von Gusswaren dem Vergleiche zu Grunde legt; aber die Schwierigkeiten des unmittelbaren Vergiessens des schmiedbaren Eisens wachsen, wie bereits hervorgehoben wurde, je mehr die Abmessungen der Erzeugnisse abnehmen. Daher wird die Darstellung des schmiedbaren Gusses, d. h. kleinerer, durch oxydierendes Glühen schmiedbar gemachter Gusswaren, voraussichtlich noch lange Zeit ihre bisherige Wichtigkeit bewahren, während die Anwendung des Verfahrens für Herstellung gröberer Gusswaren um so mehr an Bedeutung verlieren muss, je mehr das Verfahren der unmittelbaren Erzeugung von Gussstücken aus schmiedbarem Eisen an Boden gewinnt.

5. Stahl- und Flusseisen-Gussstücke.

Allgemeines.

Der Betriebsmann pflegt, wie schon erwähnt worden ist, alle unter die gewählte Ueberschrift fallenden Gusswaren Stahlgüsse oder Stahlformgüsse (zum Unterschiede von den ebenfalls gegossenen, aber zur Weiterverarbeitung durch Schmieden oder Walzen bestimmten Stahlblöcken) zu nennen, gleichviel, ob sie härtbar sind (eigentlicher Stahl) oder nicht (Flusseisen). Eine scharfe Grenze zwischen Stahl und Flusseisen lässt sich in der That nicht ziehen.

Ueber die Geschichte des Stahlgusses wurden bereits in der Einleitung einige Mitteilungen gemacht, aus welchen sich ergibt, dass das Verfahren weit jünger ist, als die Verarbeitung des Roheisens zu Gusswaren. Jahrzehnte hindurch wurde die Stahlgiesserei nur von wenigen grösseren Fabriken betrieben, welche die anzuwendenden Kunstgriffe geheim hielten; allmählich jedoch hat das Verfahren auf zahlreichen Werken Eingang gefunden, und wenn auch das Verhalten des schmiedbaren Eisens beim Giessen der Ausführung des Verfahrens mancherlei Schwierigkeiten bereitet, hat man doch auf Grund wissenschaftlicher Erwägungen und gemachter Erfahrungen diese Schwierigkeiten mehr und mehr überwinden gelernt. Stahlgussstücke aus den fünfziger und sechziger Jahren dieses Jahrhunderts, von denen noch hier und da

[1]) Mitteilungen der Königlichen technischen Versuchsanstalt 1886, Seite 131.

einige erhalten sind, pflegen, wie sich beim Zerschlagen ergibt, von Gasblasen durchsetzt zu sein, und nur der bedeutend höheren Festigkeit des schmiedbaren Eisens verdanken sie ihr Uebergewicht über gleiche Gegenstände aus Gusseisen; nach und nach lernte man jenen Fehler vermeiden, und in jetziger Zeit fertigt man dichte Stahlgussstücke mit fast gleicher Sicherheit als Gegenstände aus Gusseisen. Während man aber anfänglich glaubte, sich in der Giesserei auf die Verwendung harten Stahls mit reichem Kohlenstoffgehalte beschränken zu müssen, welcher in niedrigerer Temperatur schmilzt, weniger stark schwindet und geringere Neigung zur Gasentwickelung besitzt, als kohlenstoffärmerer Stahl, ist man allmählich dahin gelangt, auch ein Eisen mit gutem Erfolge verwenden zu können, dessen Kohlenstoffgehalt nicht höher ist als 0,1 v. H.

Für zahlreiche, früher aus Gusseisen gefertigte Gegenstände, welche grosse Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Stösse besitzen müssen — Getriebe, Walzenständer, Laufräder, Herzstücke für Eisenbahnkreuzungen, Wasserdruckcylinder, Teile zum Schiffsbau und viele andere — benutzt man jetzt mit Vorliebe das gegossene schmiedbare Eisen, und der höhere Preis dieses Metalls[1]) findet durch die längere Haltbarkeit und durch den Umstand einen Ausgleich, dass die Abmessungen und das Gewicht der gegossenen Teile entsprechend geringer sein können als bei Benutzung von Gusseisen.

Die Gewinnung des flüssigen Metalls.

Wie aus den im ersten und zweiten Abschnitte gegebenen Darlegungen hervorgeht, sind es drei verschiedene Verfahren, durch welche flüssiges schmiedbares, für die Giesserei bestimmtes Eisen gewonnen werden kann.

Das Tiegelstahlschmelzen ist das älteste der drei Verfahren und wird, obgleich es das kostspieligste ist, noch jetzt da benutzt, wo entweder nur ein Betrieb in kleinem Massstabe stattfindet, oder wo Gegenstände von geringerem Gewichte gegossen werden sollen, oder wo man Abgüsse aus härterem Stoffe zu fertigen beabsichtigt und die höchsten Ansprüche an deren Vorzüglichkeit stellt.

Im ersteren Falle bedient man sich kleiner, mit Koks geheizter Schachtöfen zum Schmelzen, für den umfangreicheren Betrieb dagegen der Gasflammöfen mit Siemensfeuerung. Beide Ofenformen sind im zweiten Abschnitte beschrieben.

Das Martinschmelzen, die Erzeugung von flüssigem schmiedbaren Eisen aus Roheisen und Abfällen schmiedbaren Eisens auf dem Herde eines Siemensflammofens, kommt vorzugsweise für den Guss grösserer Gegenstände zur Anwendung (40 kg bis 60000 kg), ist wegen der Ersparung der Tiegel und wegen des niedrigen Brennstoffverbrauchs billiger als das Tiegelschmelzen, und bei der Anfertigung grosser Gegenstände bequemer als dieses, macht aber einen thunlichst

[1]) Gussstücke aus Stahl sind ungefähr doppelt so teuer als solche aus Gusseisen. Im achten Abschnitte sind einige Beispiele der Selbstkostenberechnung sowohl für Gusseisen als für Stahlguss gegeben.

ununterbrochenen Betrieb im grossen Massstabe erforderlich und würde in einer kleineren Stahlgiesserei nur dann anwendbar sein, wenn das überschüssig erzeugte Metall anderweitige Verwendung (durch Ueberweisung an ein Walzwerk) finden kann. Bei einer geringeren Eisenerzeugung als etwa 15 t[1]) täglich wird der Betrieb eines Martinofens kaum noch lohnend sein können; vorteilhafter ist der Betrieb von Oefen mit 20 bis 30 t oder noch grösserer täglicher Leistung.

Das Bessemern, eine Erzeugung von schmiedbarem Eisen aus Roheisen unter der oxydierenden Einwirkung zahlreicher, durch letzteres hindurchgeleiteter Ströme von Gebläsewind, wurde zwar bis gegen Mitte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts fast ausnahmslos nur zur Darstellung von Blöcken für die Verarbeitung in der Schmiede oder dem Walzwerke benutzt, hat aber neuerdings mit gutem Erfolge auch mehrfach Anwendung in Stahlgiessereien gefunden, nachdem man die Einrichtung und den Betrieb der erforderlichen Vorrichtungeu dem letztern Zwecke besonders anzupassen gelernt hat. Einen schon auf Seite 28 erwähnten Vorteil des Verfahrens bildet der Umstand, dass man den Betrieb nicht, wie den eines Martinofens, ununterbrochen zu führen braucht, wodurch das Verfahren auch für Giessereien mit geringerer Erzeugung benutzbar wird; das erfolgende Metall ist, wenn ein Einsatz von richtiger Zusammensetzung gewählt und das Verfahren in entsprechender Weise durchgeführt wurde, stark überhitzt, so dass man befähigt ist, auch dünne Gegenstände daraus zu giessen, welche sich vor dem schmiedbaren Guss durch höhere Festigkeit und insbesondere Zähigkeit auszeichnen. Notwendig zur Erreichung dieses Zieles aber ist ein hoher Siliciumgehalt des Einsatzes, durch dessen Verbrennung eine bedeutende Wärmemenge entwickelt und somit die beabsichtigte Temperaturerhöhung des Metalls veranlasst wird[2]). Die Erzeugungskosten des flüssigen Metalls sind niedriger als beim Tiegelschmelzen, aber in der Regel erheblich höher als beim Martinschmelzen, vorausgesetzt, dass der Betrieb für die Benutzung des letzteren Verfahrens ausreichend umfangreich ist.

Das Martinschmelzen und das Bessemern sind Verfahren der Eisenerzeugung, und ihre ausführlichere Besprechung würde über den Rahmen eines Handbuchs der Giesserei hinausgehen. Einige Mitteilungen über das Tiegelstahlschmelzen sind im zweiten Abschnitte gegeben. Im übrigen möge auch auf das im ersten Abschnitte über die Unterschiede der drei Flusseisenarten Gesagte verwiesen werden.

Das Formverfahren, Giessen und Ausglühen.

Wegen der hohen Schmelztemperatur des zu vergiessenden Metalls lässt sich fast nur eine gute feuerfeste Masse für die Herstellung der Gussformen benutzen. In Tiegelschmelzereien benutzt man bisweilen alte Tiegel, welche gemahlen, mit frischem feuerfesten Thon, auch wohl

[1]) Die Ziffer bezieht sich auf die Gesamtmenge des erfolgenden flüssigen Metalls, nicht der fertigen Gusswaren, deren Menge nur eine Teil (40 bis 60%) davon ausmacht.

[2]) Näheres hierüber: Ledebur, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Seite 915; über die Einrichtung der Birnen: „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 455; 1898, Seite 183.

mit etwas gemahlenem Quarz und Kokspulver vermengt werden[1]). Stehen alte Tiegel nicht zur Verfügung, so bereitet man sich die Formmasse aus gebrannter (schon benutzter) Masse, frischem Thon, Quarz und reichlicheren Mengen von Koks als bei Benutzung von Graphittiegeln. Fehlt es der Mischung an Kohle, so sintert die Masse zusammen und brennt an die Gussstücke an. Die frisch bereitete Masse wird zur unmittelbaren Umhüllung des Modells beim Einformen benutzt; dahinter kommt alte Masse, welche nach Bedarf mit etwas frischer vermischst ist, um die nötige Bildsamkeit zu erhalten.

Mit gutem Erfolge wird in verschiedenen Stahlgiessereien gepulverter Quarz, mit etwas Thon als Bindemittel vermischt, als Formmaterial für Stahlgussformen benutzt; z. B. 90 Teile Quarz, 10 Teile Thon. In amerikanischen Stahlgiessereien wird ein Zusatz von Melasse zum Quarz an Stelle des Thons als Bindemittel gerühmt. Auch Tischlerleim, Bier, Weizenmehl kommen für den gleichen Zweck in Benutzung.

Da das flüssige Metall rascher erstarrt und stärker schwindet als Gusseisen, müssen die Abmessungen der Eingüsse und verlorenen Köpfe reichlicher als bei Gusseisenformen gewählt werden. So z. B. würde nach Mahler[2]) ein zu giessendes Getriebe von 2600 kg Reingewicht, wenn es in Gusseisen hergestellt würde, etwa 3000 kg, dagegen beim Giessen in Stahl etwa 3800 kg flüssigen Metalls erfordern. Bei zahlreichen Gegenständen ist zur Vermeidung der Entstehung von Saugstellen die Anbringung eines verlorenen Kopfs erforderlich, wo sie bei Eisenguss entbehrlich gewesen wäre.

Die Gussformen bedürfen einer sorgfältigen Trocknung in den im dritten Abschnitte besprochenen Vorrichtungen. Vor oder nach dem Trocknen gibt man ihnen einen Ueberzug, um das Anbrennen der Formmasse an das Metall zu verhüten. Man benutzt graphitreiche Schwärze (Seite 207) hierfür; noch besser soll sich Kieselgur, in Tischlerleim eingerührt, hierfür bewähren.

Dem geschmolzenen, zu lebhafter Gasentwickelung neigenden Metalle gibt man Zusätze, welche den Zweck haben, gelöstes Eisenoxydul zu zerstören und die Gasentwickelung zu hindern (S. 42). Beim Martin- und Bessemerverfahren gibt man, während das Metall noch im Ofen verweilt, Eisenmangan nebst Siliciumeisen; als letzten Zusatz aber, während das Metall bereits in der Pfanne sich befindet, nicht selten eine kleine Menge Aluminiumeisen oder reines Aluminium, doch nicht mehr, als dass auf 100 Gewichtsteile Stahl (Flusseisen) 0,1 Gewichtsteil Aluminium kommen. Auch bei dem an und für sich ruhigeren Tiegelstahle, dem man früher überhaupt keine Zusätze zu geben pflegte, hat sich ein geringer Aluminiumzusatz, in Form von Aluminiumeisen gegeben, zur Erzielung dichter Abgüsse gut bewährt. Ein reichlicherer Zusatz als angegeben würde dagegen entschieden nachteilig sein; das Metall wird dickflüssig, füllt die Formen schlecht aus und ist nach dem Erkalten spröder als ohne den Aluminiumzusatz; manche Werke ver-

---

[1]) Z. B. 50 Teile alte Tiegel, 10 Teile feuerfester Thon, 30 Teile Quarz, 10 Teile Kokspulver, oder ähnlich.

[2]) Génie civil XVIII, Nr. 12, daraus in „Stahl und Eisen" 1891, Seite 451.

meiden deshalb grundsätzlich jeden Aluminiumzusatz, um die Beschaffenheit ihrer Erzeugnisse nicht zu schädigen[1]).

Hinsichtlich der Art und Weise des Giessens selbst kann auf das im fünften Abschnitte Gesagte hier Bezug genommen werden. Gussstücke, deren Schwindung durch die harte Gussform behindert sein würde, müssen, sobald die Erstarrung beendet ist, durch Aufstechen der Masse frei gemacht werden, damit sie beim Schwinden nicht Risse bekommen.

Alsdann folgt das Ausglühen der Gusswaren zu dem Zwecke, Spannungen, welche beim Schwinden entstanden waren, zu beseitigen, die Festigkeit und die Zähigkeit zu erhöhen und allgemein die Festigkeitseigenschaften der Gussstücke zu verbessern. In welchem Umfange die Aufgabe sich erfüllen lässt, und wie man im stande ist, durch nachfolgendes Ablöschen und Wiederanlassen des Gegenstandes dessen Festigkeitseigenschaften zu regeln, wurde auf Seite 59 ausführlicher besprochen. Eine Temperatur von 700° bis 800° C. (Kirschrotglut) beim Glühen ist meistens am geeignetsten; eine erheblich höhere Temperatur würde der Erreichung des Zwecks nicht förderlich sein.

Fig. 212.

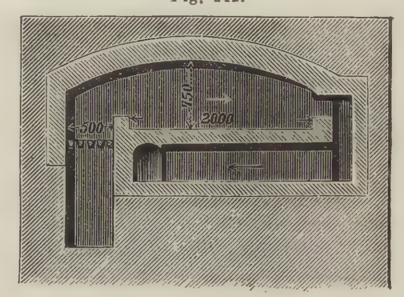
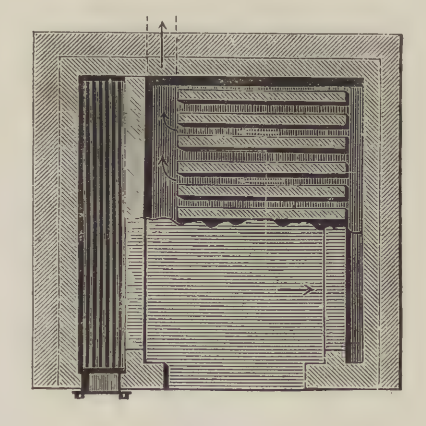


Fig. 213.



Die Einrichtung der Glühöfen, an und für sich einfach, ist doch auf fast jedem Werke verschieden und zum Teile durch die Grösse der zu glühenden Gegenstände bedingt. Die meisten Glühöfen bestehen aus niedrigen Kammern von 1 bis 1,5 m Höhe, auf der einen Seite mit Rosten für Kohlenfeuerung, auf der entgegengesetzten Seite mit gleichmässig verteilten Abzugsöffnungen am Boden für die entweichenden Gase versehen. Letztere führt man bisweilen unter dem Boden zurück, um diesen auch von unten zu erhitzen. Als ein Beispiel kann der in Fig. 212 und 213 abgebildete Glühofen dienen, dessen Einrichtung einer besonderen Erläuterung nicht bedürfen wird[2]). Während des Glühens wird die Einsatzöffnung vermauert. Auch die früher abgebildeten Temperöfen könnten mit geringen Aenderungen als Glühöfen für Stahlguss verwendet werden. Statt der Rostfeuerung wendet man bisweilen Gasfeuerung an, wo Brenn-

---

[1]) „Stahl und Eisen" 1894, Seite 708.

[2]) Abbildung eines ähnlichen Glühofens: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900, Seite 147.

gas zur Verfügung steht, und den Glüsöfen für sehr schwere Gegenstände gibt man einen mit Rädern auf Eisenbahnschienen laufenden, also fahrbaren Boden, welcher ausserhalb der Kammer mit Hilfe eines Krahns beladen und entladen werden kann[1]).

Die zu glühenden Gegenstände werden entweder frei in die Kammer eingelegt oder mit einer Lage von Sand oder Asche bedeckt. Letzteres Verfahren ist das häufigere. Nach dem Einbringen wird der Ofen geschlossen und bis zu der angegebenen Temperatur erhitzt. Die Zeitdauer des Glühens beträgt, abweichend nach der Grösse der Gegenstände, 1 bis 4 Tage. Alsdann schliesst man den Rauchschieber und überlässt die Gegenstände der allmählichen Abkühlung, sofern sie nicht, wie früher beschrieben, abgelöscht und angelassen werden sollen.

Nur auf wenigen Werken sucht man das Glühen zu umgehen, indem man die gegossenen Gegenstände ganz langsam in der Gussform selbst oder in heissem Sande abkühlen lässt. Der Erfolg dieses Verfahrens ist keinesfalls so vollkommen als der des nochmaligen Ausglühens.

Die fertigen Gegenstände.

Wie schon erwähnt wurde, giesst man kleinere Gegenstände meistens aus dem Tiegel oder der Bessemerbirne, grössere aus dem Martinofen. Zum Teile ist aber von dem Schmelzverfahren auch die chemische Zusammensetzung des Erzeugnisses abhängig. Mit der Abnahme des Kohlenstoffgehalts wächst die Schwierigkeit des Schmelzens im Tiegel; daher giesst man Gegenstände mit erheblich niedrigerem Kohlenstoffgehalte als 0,4 % gewöhnlich nicht aus dem Tiegel. Als Beispiele für die Zusammensetzung von Tiegelstahl-Gussstücken mögen die nachfolgenden Ziffern dienen. Sie sind Mittelwerte der Zusammensetzung bewährter, von deutschen Stahlwerken gelieferter Gegenstände.

	Kohlenstoff	Silicium	Mangan
Kleinere Maschinenteile (bis 150 kg) .	0,50	0,20	0,50
Scheibenräder, Herzstücke, Presscylinder	0,80	0,25	0,60
Harte Ringe für Erzwalzen	1,10	0,30	0,70
Glocken	1,30	0,35	0,80

Der Phosphorgehalt darf nur gering sein, und beträgt bei den weniger harten Gegenständen höchstens 0,12 %, bei den härteren höchstens 0,10 %.

Die Zugfestigkeit des geglühten Tiegel-Formgussstahls beträgt in den am wenigsten harten Stücken etwa 45 kg und steigt in den härtesten auf 70 kg. Im umgekehrten Verhältnisse zu der Festigkeit aber steht die Zähigkeit. Benutzt man als Massstab für die Zähigkeit die beim Zerreissen eintretende Verlängerung, so findet man bei den weicheren Gussstücken eine solche von 4 bis 6 % auf 200 mm ursprüngliche Länge, bei den härteren oft weniger als 1 %.

Das im Martinofen geschmolzene Metall enthält 0,1 bis 0,6 % Kohlenstoff, im allgemeinen um so weniger, je grösser das Gewicht der zu giessenden Gegenstände ist. Es kommt hierbei in Betracht, dass für die Benutzung der Gusswaren zu Maschinenteilen, baulichen und

[1]) Abbildung eines solchen Ofens: Jernkontorets Annales 1900, Pl. II.

ähnlichen Zwecken ein niedriger Kohlenstoffgehalt in der Regel wünschenswert ist, da die Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen zunimmt, wenn der Kohlenstoffgehalt sich verringert; aber je niedriger der Kohlenstoffgehalt ist, desto früher erstarrt das Metall, desto schwieriger ist es, Gegenstände mit dünneren Querschnitten daraus zu giessen.

Nachstehend einige Analysen von Gussstücken aus Martinmetall, welche von hervorragenden, zum grossen Teile französischen, Stahlwerken geliefert wurden[1]):

	Kohlenstoff	Silicium	Mangan
Schuhe des Eiffelturms	0,22	0,20	0,52
Geschützring	0,30	0,20	0,50
Rahmen eines Lochwerks	0,38	0,20	0,60
Lafette	0,39	0,56	0,32
Verschiedene deutsche Formgussstücke, im Mittel	0,40	0,40	1,00
Zahnkranz	0,49	0,28	0,60
Grosse Getriebe	0,55	0,20	0,85

Als höchste zulässige Werte des Silicium-, Mangan-, Phosphor- und Schwefelgehalts, deren Ueberschreiten Gefahr bringt, bezeichnet Mahler:

bei Mangan . . . 1,20 %
bei Silicium . . . 0,60 %
bei Phosphor . . . 0,09 %
bei Schwefel . . . 0,08 %

Die Ziffern sind ziemlich hoch gegriffen, insbesondere für den Mangangehalt. In der Regel beträgt dieser nicht über 0,8 %. Hinsichtlich eines Aluminiumzusatzes gilt das auf Seite 402 Gesagte.

Durch sorgfältiges Ausglühen der aus weichem Martineisen gegossenen Gegenstände ist man im stande, diesen Festigkeitseigenschaften zu verleihen, deren Mass vom geschmiedeten oder gewalzten Eisen kaum übertroffen wird. Als Mittelwerte der Festigkeitseigenschaften solcher Gusswaren kann man annehmen:

Zugfestigkeit	40 bis 50 kg
Längenausdehnung auf 200 mm ursprüngliche Länge	30 bis 25 %
Querschnittsverringerung an der Bruchstelle	60 bis 40 %[2])

Ueber die Zusammensetzung und das Verhalten der aus der Bessemerbirne gegossenen Gegenstände liegen bislang keine oder nur wenige zuverlässige Veröffentlichungen vor.

6. Mitisgussstücke.

Im Jahre 1885 führte F. Nordenfelt in London ein Giessverfahren ein, welches vornehmlich die Aufgabe verfolgte, kleinere Gegenstände, welche bisher in schmiedbarem Guss gefertigt wurden, unmittelbar durch Giessen herzustellen und solcherart das bei Anfertigung des schmiedbaren Gusses unvermeidliche, langwierige und ziemlich kostspielige Glühen entbehrlich zu machen. Zu diesem Zwecke wird ganz weiches kohlenstoff- und phosphorarmes Eisen — mit Vorliebe benutzt

[1]) Aus Mahlers schon genannter Abhandlung im Génie civil und „Stahl und Eisen“.

[2]) Beispiele hierfür: „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 458.

man Abfälle von schwedischem Hufnagel- oder Nieteisen — im Tiegel geschmolzen, nach dem Schmelzen mit soviel Aluminiumeisen versetzt, dass auf 100 Gewichtsteile des geschmolzenen Metalls 0,06 bis 0,10 Gewichtsteil Aluminium kommen, und in die Gussformen ausgegossen, welche aus gebranntem, nachher gemahlenem und mit Melasse vermischtem feuerfestem Thon gefertigt werden.

Das Erzeugnis dieses Verfahrens nannte der Erfinder Mitisguss (von mitis = weich).

Das Schmelzverfahren ist dem Gesagten zufolge dem gewöhnlichen Tiegelstahlschmelzen ähnlich. Da man aber nicht wirklichen Stahl, sondern ein ganz kohlenstoffarmes Eisen schmelzt, dessen Schmelztemperatur höher liegt, und welches ausserdem, um nicht vorzeitig zu erstarren, entsprechend überhitzt werden muss, benutzt man zur Heizung der Schmelzöfen Petroleumrückstände oder auch Petroleum und erzielt hierdurch Temperaturen, welche in gewöhnlichen Feuerungen kaum erreichbar sein würden. Die in flachen Gefässen neben dem Ofen befindliche Flüssigkeit wird teils durch einen darüber hinstreichenden Luftstrom verbrannt, teils durch die hierbei entwickelte Wärme vergast; das Gemisch von verbrannten und noch brennbaren Gasen tritt in den Ofen und wird hier durch abermals zugeführte Luft vollends verbrannt. Sechs Tiegel stehen in drei Reihen von je zwei Stück hintereinander[1]). Das an der heissesten Stelle befindliche Tiegelpaar wird zuerst herausgenommen und ausgegossen; die dahinter stehenden Tiegel werden vorgerückt, ein neues Paar wird an der kältesten Stelle eingesetzt, u. s. f. Auf diese Weise kann man in zwölf Stunden ungefähr zehnmal giessen. Der Inhalt des einzelnen Tiegels pflegt ungefähr 30 kg zu betragen.

Zum Giessen bedient man sich einer besonders eingerichteten, mit einer eigenen Heizvorrichtung versehenen Pfanne, in welcher das Metall vor und während des Giessens durch eine über seine Oberfläche hinstreichende schwach reduzierend wirkende Flamme vor Abkühlung und Oxydation geschützt ist.

Das Verfahren der Mitisgussdarstellung ist vereinzelt in Schweden, Grossbrittanien und Deutschland eingeführt worden, ohne jedoch eine umfänglichere Benutzung gefunden zu haben. Wie es scheint, sind die Selbstkosten der erfolgenden Gusswaren nicht geringer, sondern eher höher als die des schmiedbaren Gusses; eine genügende Erklärung dafür lässt sich in der Benutzung eines verhältnismässig kostspieligen Brennstoffs und dem jedenfalls grösseren Verhältnisse der entfallenden Ausschussstücke finden. Für die Werke, welche bereits schmiedbaren Guss erzeugen, liegt deshalb keine Veranlassung vor, unter Aufgabe ihrer bisherigen Betriebseinrichtung ein neues Verfahren einzuführen; daneben eignet sich auch die Bessemerbirne, wie erwähnt, zum Gusse schwacher Gegenstände. Grosse Gegenstände aus weichem Eisen aber giesst man zweckmässiger und billiger aus dem Martinofen[2]).

---

[1]) Abbildung eines solchen Ofens: Revue universelle des mines 1888, 3. trimestre, pl. 8.

[2]) Sonstige Mitteilungen über das Verfahren: Engineering, Band 39, Seite 561; „Stahl und Eisen" 1888, Seite 85.

Siebenter Abschnitt.

Die Anlage der Eisen- und Stahlgiessereien.

I. Eisengiessereien.

Jede vollständig eingerichtete Eisengiesserei enthält als Hauptbestandteile:

Das zum Formen und Giessen bestimmte Hauptgebäude, die Giesshalle oder Giesserei im engeren Sinne, nebst den Schmelzöfen, Trockenkammern u. s. w. In unmittelbarer Verbindung damit pflegt sich das Maschinenhaus für die Dampfmaschine oder die Elektromotoren und für das Gebläse zu befinden; auch die Aufbereitungsmaschinen für Formmaterial werden gewöhnlich in einem Anbau der Giesshalle aufgestellt, damit die Beförderung der aufbereiteten Stoffe an die Verbrauchsstelle thunlichst bequem sei. In manchen Giessereien benutzt man für die Aufstellung einen Oberstock im Hauptgebäude selbst, hebt die Rohstoffe durch einen Aufzug empor und führt die fertig aufbereiteten Stoffe durch Lutten nach unten in den Arbeitsraum.

Die Putzerei. Es würde unzweckmässig sein, das Putzen in der Giesshalle selbst vorzunehmen, da die Arbeiten des Formens und Giessens dadurch behindert werden würden. Nur sehr schwere Stücke, deren Beförderung Schwierigkeiten bereitet, putzt man ausnahmsweise in der Giesserei.

Die Modelltischlerei und die Aufbewahrungsräume für Modelle.

Eine kleinere oder grössere Schlosserei, je nachdem sie nur für Instandhaltung der Werkzeuge und Geräte oder für die fernere Bearbeitung der Gusswaren zu dienen bestimmt ist.

Lagerplätze für Formkasten, Roheisen, Brennstoffe, Formsand, feuerfeste Steine u. a. m.

Ausserdem die erforderlichen Magazine und Verwaltungsgebäude, sofern nicht die Giesserei nur einen Teil eines grösseren Werkes (z. B. einer Maschinenfabrik) bildet, welches für alle Betriebszweige gemeinschaftliche Einrichtungen dieser Art besitzt.

a) Die Giesshalle oder Giesserei.

Anordnung des Gebäudes.

Der Raum, welcher zum Formen und Giessen dienen soll, muss trocken, vor den Unbilden der Witterung wie vor Zug geschützt und möglichst hell sein, damit die Arbeiter jede einzelne Stelle der Gussformen gut erkennen können. Unmittelbar einfallendes Sonnenlicht, welches die Augen blendet und die Gussformen durch vorzeitiges Austrocknen schädigen kann, ist dagegen nicht erwünscht, und wo es angeht, sucht man die Lage der Giesserei und die Anordnung der Fenster so zu wählen, dass die Arbeiter thunlichst wenig von den Sonnenstrahlen belästigt werden. Die Anwendung von Dachfenstern, welche man früher für unzweckmässig hielt, da sie bei Regen und Tauwetter selten dicht genug schlossen, um nicht Wasser in die Giesserei hinabtropfen zu lassen, ist jetzt bei Giessereien von grösserer Tiefe sehr gebräuchlich geworden, seitdem man ihre Einrichtung vervollkommnet hat.

Bei der Anlage einer grösseren Giesserei entsteht zunächst die Frage, ob es zweckmässiger sei, eine einzige grosse Giesshalle oder mehrere getrennte kleinere einzurichten. Ersteres ist dann vorzuziehen, wenn die sämtlichen Gusswaren, welche in der Giesserei hergestellt werden sollen, ähnlicher Beschaffenheit sind; also z. B., wenn die Giesserei vorwiegend für groben Maschinenguss bestimmt ist, oder für Ofenguss, oder dergleichen mehr. Sollen dagegen verschiedene Sonderzweige in grösserem Umfange betrieben werden, z. B. Ofen- und Zierguss neben Maschinenguss, Geschirrguss u. a. m., so ist es zweckmässiger, sie in verschiedenen von einander getrennten Oertlichkeiten vornehmen zu lassen. Denn für jeden einzelnen Betriebszweig muss ohnehin ein besonderer Vorsteher oder Meister ernannt werden, so dass es für die Beaufsichtigung gleich bleibt, ob die verschiedenen Zweige der Giesserei in einem und demselben Gebäude oder getrennt betrieben werden; die Ueberwachung ist sogar noch leichter in einer weniger grossen Räumlichkeit, wo nicht verschiedene Arbeitergruppen gegenseitig sich stören. Es kommt aber noch der andere Umstand hinzu, dass solche Zweige, für deren Betrieb keine Krahne erforderlich sind, gewöhnlich einfacher und deshalb billiger herzustellender Baulichkeiten bedürfen als jene Zweige, welche die öftere Benutzung von Krahnen erheischen und deshalb nur in höheren und deshalb kostspieligeren Gebäuden betrieben werden können. Endlich ist auch zu berücksichtigen, dass man bei Ofenguss, Kunst- und Zierguss strengere Anforderungen an die Schönheit der Arbeit als bei Maschinenguss und überhaupt gröberen Gussgegenständen zu stellen pflegt, es aber schwierig, wenn nicht unmöglich ist, in einer grossen, für allgemeine Benutzung bestimmten Giesshalle, in welcher ununterbrochen eine Menge Staub und Rauch entwickelt wird und sich auf den Gussformen ablagert, sehr saubere Abgüsse zu erzielen.

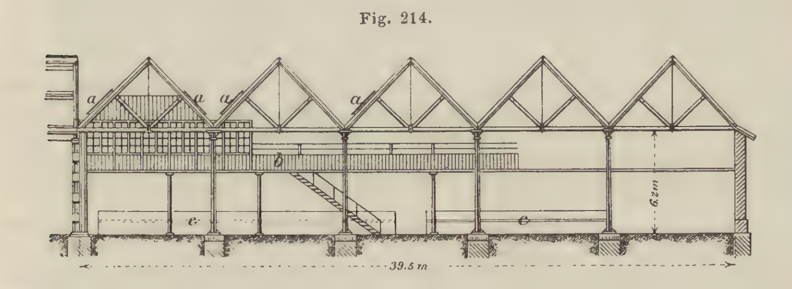
Giesshallen für kleine Gusswaren.

Die Einrichtung dieser Gebäude ohne Krahne oder mit nur kleinen Krahnen ist einfach. Damit der Raum möglichst hell werde, gibt man

ihm bei kleineren Abmessungen rechteckige Grundfläche, wenn möglich mit Fenstern an beiden langen Seiten. Die Tiefe (Breite) des Gebäudes lässt man nicht gern über 8 m betragen, damit auch der mittlere Teil hell genug bleibe; die Höhe der Umfassungswände kann für die gewöhnlicheren Zwecke mit etwa 4 m ohne das Dach bemessen werden. Um die erforderliche Lufterneuerung zu ermöglichen, versieht man die aus Gusseisen gefertigten Fenster in der oberen Hälfte mit Wendeflügeln, welche von unten mit Hilfe eines Hebels sich ohne Schwierigkeit öffnen, feststellen und schliessen lassen.

Ist dagegen die erforderliche Grundfläche so erheblich, dass man bei einer Tiefe des Gebäudes von 8 m eine allzu beträchtliche Länge erhalten würde, so muss man, um dem Gebäude eine grössere Tiefe verleihen zu können, auf die Beleuchtung durch Oberlicht Bedacht nehmen. Man kann alsdann das Gebäude durch Säulenreihen in mehrere Abteilungen zerlegen, die entweder durch Sheddächer oder durch Satteldächer mit eingebauten Dachfenstern abgedeckt sind. Ein Gebäude der letzteren Art ist in Fig. 214 dargestellt. Seine Tiefe beträgt 39,5 m, seine Länge 48 m. Bei a a sind Dachfenster angebracht, links schliesst

Fig. 214.



ein höheres Gebäude an. b ist eine Bühne zur Aufstellung von Aufbereitungsmaschinen für Formsand und Kohle.

Längs der Fenster und nach Bedarf in grösseren Gebäuden dieser Art auch längs der Säulenreihen kann man gusseiserne Formbänke aufstellen, auf welchen die kleineren Gegenstände durch Handarbeit eingeformt werden. Jede Bank besteht aus einer im Herde gegossenen Platte von etwa 2 m Länge und 1 m Breite, welche in der Höhe von ungefähr 65 cm über dem Erdboden auf gusseisernen Füssen ruht. Je zwei benachbarte Bänke sind durch eine gusseiserne Zwischenwand, welche ungefähr um 60 bis 70 cm über die Bank hinausragt, voneinander geschieden. Jeder Former erhält seine eigene Bank, auf der er seinen Formsand aufbewahrt und sämtliche Arbeiten mit Ausnahme des Abgiessens der Gussformen vornimmt. Man erleichtert ihm hierdurch das Einformen und ermöglicht es ihm, die günstigste Beleuchtung für seine Arbeiten zu benutzen. Die fertigen Gussformen werden auf dem dazu bestimmten Unterlagsbrette vor der Bank auf den Erdboden gesetzt, um hier abgegossen zu werden; das Entleeren der Kasten findet wieder auf der Bank statt, damit der Formsand nicht verloren gehe. In Fig. 214 sind c c solche Formbänke.

Häufig aber kommen gerade in diesen Giessereien für leichtere Gusswaren Formmaschinen in grösserer Anzahl zur Benutzung. Wenn ihre Abmessungen nicht zu beträchtlich sind, stellt man sie in der Regel in Reihen parallel zu den Formbänken, oder, falls diese durch die Anwendung der Maschinen entbehrlich werden, auch an deren Stelle auf; für sehr grosse Maschinen, welche allerdings in den hier in Rede stehenden Gebäuden seltener zur Anwendung kommen, müsste ein entsprechend grösserer Raum freigehalten werden.

Der Fussboden dieser Giessereien für kleine Gusswaren pflegt aus dem natürlichen Erdreiche zu bestehen. Bisweilen findet man wohl einen Belag des Erdbodens aus gusseisernen Platten, an der Oberseite gerieft, damit man beim Gehen nicht ausgleite. Man ist dadurch leichter im stande, dass beim Giessen verspritzende Eisen zu sammeln; einen sonstigen Nutzen gewährt diese ziemlich kostspielige Einrichtung nicht.

Giesshallen für schwere Gussstücke.

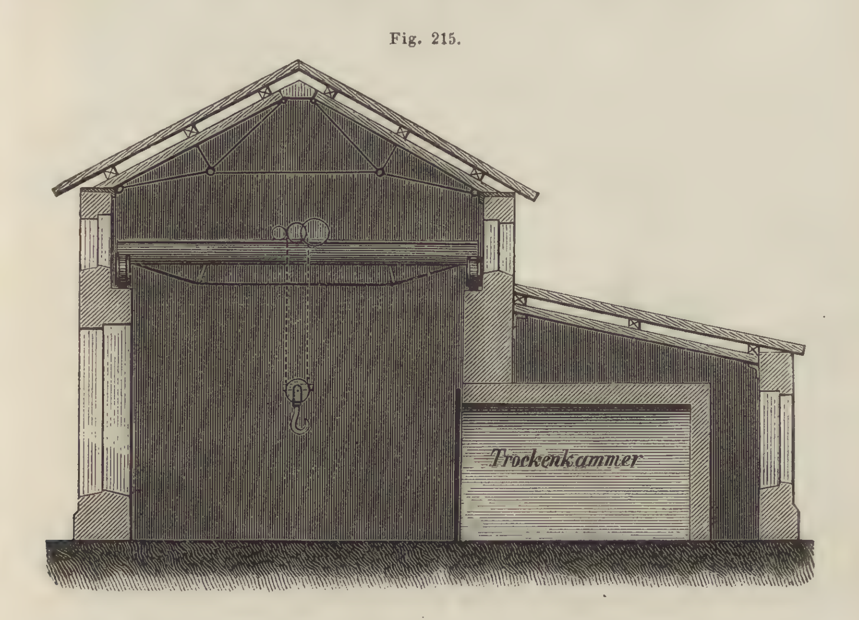
Für die Zwecke dieser Anlagen sind Krahne erforderlich, deren Aufstellung die Form des Gebäudes beeinflusst. Die Seitenwände müssen, um dem vom belasteten Krahne ausgehenden Drucke oder Schube genügenden Widerstand entgegenzusetzen, kräftiger und, damit es für die grösseren Gegenstände nicht an der erforderlichen Höhe fehle, auch höher gebaut sein als bei jenen kleinen Räumen ohne Krahne; damit der Krahn, er möge Drehkrahn oder Laufkrahn sein, voll ausgenutzt werden könne, auch damit für die erforderliche Dammgrube der nötige Raum entstehe, ist die Tiefe des Gebäudes oft beträchtlich und kann 30 m und darüber betragen.

Ueber die Eigentümlichkeiten der beiden in Eisengiessereien vorzugsweise verwendeten Krahnformen — Laufkrahn und Drehkrahn — und die für die Wahl einer Krahnform massgebenden Gesichtspunkte ist auf S. 158 das Erforderliche gesagt worden. In kleinen Giessereien hat man zwischen Laufkrahn *oder* Drehkrahn zu wählen; in grossen Giessereien ist es zweckmässiger, beide Krahnformen nebeneinander anzuordnen. Für alle kleineren oder mittelgrossen Giessereien ist fast immer der Handbetrieb der Krahne der billigste; für grosse ist die Anwendung von Dampfkraft und der Betrieb durch Elektromotoren zum Heben und Fortbewegen schwerer Lasten vorzuziehen, und auch kleinere Krahne werden in neuen Giessereien häufig mit elektrischem Antriebe versehen.

Die Einrichtung der *Giessereien mit Laufkrahnen allein* kann sehr einfach sein. Die Schienen, auf welchen der Krahn läuft, werden von zwei parallelen Wänden des Gebäudes oder von hölzernen oder eisernen Balken getragen, welche an den Wänden hinlaufen und auf Pfeilern ruhen, so dass die Spannweite des Krahns annähernd gleich der Tiefe des Gebäudes ist; zwischen Krahn und Dach ist dann noch so viel Platz, dass die Bedienung des Krahns ohne Schwierigkeit zu ermöglichen ist. Die Abbildung Fig. 215 lässt eine solche Einrichtung erkennen. Da das Gewicht des Krahns und somit auch die Arbeit zum Fortbewegen und die Anschaffungskosten sich mit dessen Breite steigern, geht man auch bei Dampfbetrieb oder elektrischem

Antrieb nicht gern über 10 m Gebäudetiefe hinaus, während man bei Handbetrieb sich gewöhnlich mit 6 bis 8 m begnügt, und man gibt, wenn eine grössere Grundfläche erforderlich ist, dem Gebäude eine langgestreckte Form. Wie aber schon früher erwähnt wurde, verliert der

Fig. 215.



Laufkrahn an Zweckmässigkeit, wenn das von ihm zu bedienende Feld allzu lang ist; ist daher die Länge des Gebäudes beträchtlicher als 20 m, so wird es notwendig, zwei oder mehrere Krahne hintereinander anzuordnen.

Die Höhe der Laufbahn des Krahns über dem Erdboden muss mindestens 6 m betragen, wenn man einigermassen grosse Gegenstände fertigen will. Die Beleuchtung erfolgt durch Fenster an beiden Längsseiten des Gebäudes; wird die eine Längsseite für den Anschluss sonstiger Räumlichkeiten (Trockenkammern, Meisterstube und andere mehr) benutzt, so bringt man, sofern es angeht, eine obere Fensterreihe an (wie in der Abbildung) und, wenn erforderlich, Dachfenster. Letztere sind jedoch meistens entbehrlich, wenn die Gebäudetiefe das angegebene Mass nicht überschreitet. Versieht man die obere Fensterreihe mit Wendeflügeln, welche vom Krahne oder dessen Laufbahn aus zugänglich sind, so erhält man dadurch ein Mittel, den Luftwechsel zu regeln.

Bei einer solchen Einrichtung ist jeder Platz der Giesserei für den Krahn zugänglich. Viele kleine und einzelne mittelgrosse Giessereien sind in dieser Weise eingerichtet, und damit die Benutzung des Krahns sich thunlichst einfach gestalte, muss er von unten durch die Former selbst bewegt werden können. Die Bedingung ist nur erfüllbar, wenn das Gewicht des Krahns selbst und der zu hebenden Last nicht sehr beträchtlich ist.

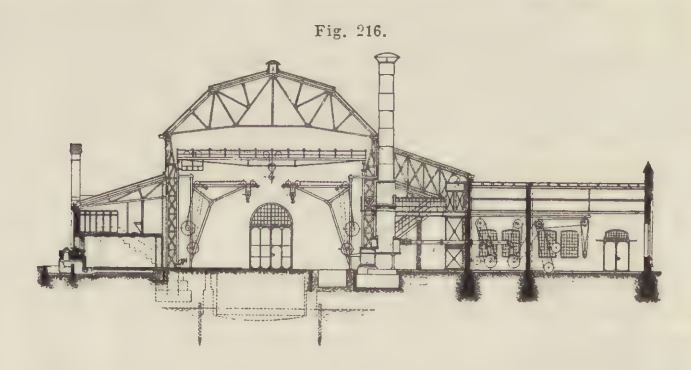
Giessereien nur für Drehkrahnbetrieb werden jetzt kaum noch gebaut, doch findet man hier oder da noch Giessereien dieser Art, welche in früheren Jahrzehnten gebaut wurden. Die oberen Zapfen der Krahne drehen sich in Lagern, welche an Querbalken, von einer Gebäudewand zu der anderen hinübergehend, befestigt werden; oder, falls die Tiefe des Gebäudes beträchtlich ist und zur Unterstützung des Daches Säulen erforderlich sind, kann man diese zur Befestigung des Krahns benutzen. Ist die Giesserei klein, so gibt man ihr quadratische Grundfläche und stellt den Krahn in die Mitte; sind mehrere Krahne erforderlich, so stellt man sie am einfachsten in eine Reihe und gibt ihnen solche Abstände voneinander, dass ihre Kreise soweit einander schneiden als erforderlich ist, um einen Gegenstand von einem Krahne nach dem anderen hinüberreichen zu können. Im übrigen spricht die Form der zur Erbauung der Giesserei verfügbaren Grundfläche bei der Anordnung der Krahne mit. Man ist hier, da ein Drehkrahn sich ohne grosse Schwierigkeit an jeder Stelle der Gieshalle aufstellen lässt, weniger beschränkt als bei Anwendung von Laufkrahnen, und ist auch in einem Gebäude von unregelmässiger Grundfläche gewöhnlich ohne Schwierigkeit im stande, die Krahne in solcher Weise zu verteilen, dass sie sich gegenseitig erreichen können.

Die Höhe der Umfassungsmauern ist von der Höhe der aufzustellenden Krahne abhängig und pflegt 6 bis 8 m zu betragen.

Giessereien für Laufkrahn und Drehkrahnbetrieb sind für grosse Erzeugungen am üblichsten und lassen sich in verschiedener Anordnung ausführen.

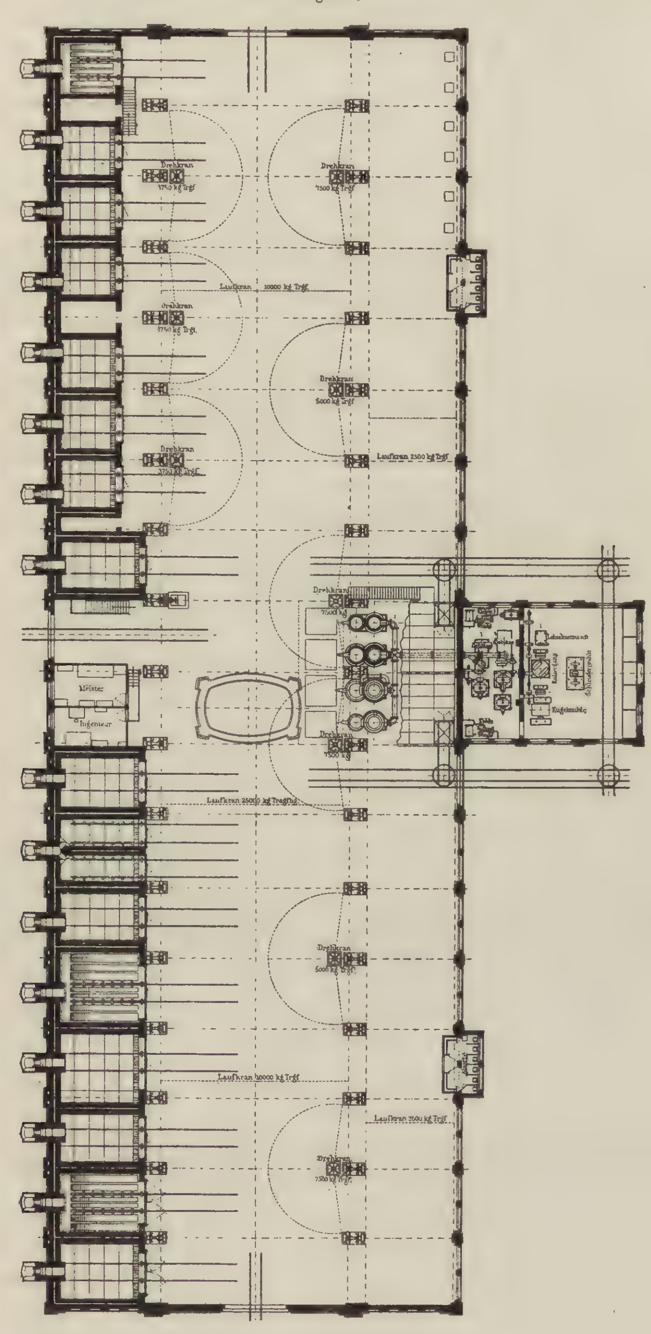
In den meisten Fällen teilt man das Giessereigebäude durch zwei parallele Säulenreihen in ein breiteres Mittelschiff und zwei schmalere Seitenschiffe. Die Säulen dienen zum Tragen der Laufkrahne, welche auf angeschraubten Trägern rollen, und zur Befestigung der Drehkrahne, deren Zahl dem Bedürfnisse entsprechend bemessen wird. In den Seitenschiffen werden die kleineren Arbeiten ausgeführt, für welche die Drehkrahne ausreichen, in dem Mittelschiffe dagegen solche Arbeiten, bei

Fig. 216.



deren Ausführung die Mitwirkung der für schwerere Belastungen eingerichteten Laufkrahne notwendig ist. Damit das Mittelschiff das erforderliche Licht erhalte, ist das Dach darüber erhöht, und zwischen

Fig. 217.


Drehkran
3750 kg Trgf
Drehkran
7500 kg Trgf
Laufkran 10000 kg Trgf
Drehkran
3750 kg Trgf.
Drehkran
5000 kg Trgf
Drehkran
3750 kg Trgf
Laufkran 2500 kg Trgf
Drehkran
7500 kg
Meister
Ingenieur
Drehkran
7500 kg
Kugelmühle
Schleudermühle
Laufkran 25000 kg Tragfhg.
Drehkran
5000 kg Trgf
Laufkran 10000 kg Trgf
Drehkran
7500 kg Trgf

diesem und den tiefer liegenden Pultdächern der Seitenschiffe sind zwei Fensterreihen — eine sogenannte Laterne — angebracht; doch kann auch das Dach des Mittelschiffs noch mit Fenstern versehen werden.

Eine der neuesten Anlagen dieser Art ist die im Jahre 1898 erbaute, in Fig. 216 und 217 abgebildete Giesserei von A. Borsig in Tegel bei Berlin. Die Länge des Gebäudes beträgt 108 m, die Tiefe des Mittelschiffes 18 m, jedes der beiden Seitenschiffe 7,5 m. In dem Mittelschiffe sind drei Laufkrahne von 25, 10 und 5 t Tragfähigkeit, in dem einen Seitenschiffe zwei Laufkrahne von je 2,5 t Tragfähigkeit vorhanden; an den Säulen sind vier Drehkrahne von je 7,5 t, zwei von 5 t und drei von 3,75 t Tragfähigkeit befestigt, welche sämtlich 5 m Ausladung besitzen. Alle Krahne und alle übrigen Maschinen werden elektrisch angetrieben. In dem zweiten Seitenschiffe befinden sich die Trockenkammern. Sie haben von aussen zu bedienende Schüttfeuerungen, deren Gase zunächst unter dem Plattenbelag der Kammer nach vorn geleitet werden, um von hier aus durch die Kammer nach dem Schornstein abzuziehen. Um jedoch eine Trocknung der Gussformen auch an Ort und Stelle durch heisse Gase in der früher (Seite 177) geschilderten Weise zu ermöglichen, ist eine Rohrleitung zur Zuführung des Windes durch die ganze Giesserei gelegt.

Die Kupolöfen sind nach Krigarscher Form gebaut und mit cylindrischen Vorherden versehen. Zwei Krigarsche Schraubengebläse liefern den erforderlichen Wind. Zwei Fahrstühle von je 1000 kg Tragfähigkeit mit elektrischem Antriebe dienen zur Beförderung der Schmelzstoffe auf die Gichtbühne.

Ueber den Trockenkammern befindet sich eine Garderobe für die Arbeiter, deren jeder einen verschliessbaren Kleiderschrank erhält, und eine Anzahl Kippwaschbecken.

Der Dachstuhl hat, wie Fig. 216 ersehen lässt, mansardenartige Form. Der obere Teil des Daches ist mit Oberlichtfenstern versehen, wodurch eine so vollkommene Beleuchtung der Mittelhalle erzielt wird, dass kaum ein Unterschied zwischen draussen und drinnen obwaltet. Die Lüftung erfolgt durch den Dachreiter.

Auch bei Anlagen dieser Art wächst mit der Gebäudetiefe die Schwerfälligkeit der Krahne sowie die erforderliche Arbeit für ihre Bewegung. Eine erheblich grössere Tiefe als in dem gegebenen Beispiele (33 m) würde deshalb nicht zweckmässig sein. Ebenso wenig ratsam ist es, dem Gebäude eine grössere Länge als 125 m zu geben, weil sonst der Verkehr innerhalb des Gebäudes und die Beaufsichtigung des Betriebes erschwert wird. Muss demnach die Giesserei eine grössere Grundfläche als etwa 4000 qm erhalten, so wird eine andere Anordnung erforderlich.

Man kann statt des einen Gebäudes deren zwei errichten, und diese Einrichtung ist, wie schon erwähnt, besonders dann zweckmässig, wenn Gegenstände von sehr abweichender Grösse geformt und gegossen werden sollen. Das eine Gebäude umfasst alsdann die Grossgiesserei, das andere die Kleingiesserei.

Man kann aber auch, wenn eine solche Teilung nicht zum Ziele führt, d. h. wenn trotzdem das einzelne Gebäude eine zu grosse Länge erhalten würde, den schon in Fig. 214 angedeuteten Weg einschlagen,

d. h. das Gebäude durch Säulenreihen in mehrere parallele, durch Satteldächer abgedeckte Abteilungen zerlegen und so die Möglichkeit erhalten, ihm eine grössere Tiefe zu geben, als in der durch Fig. 216 veranschaulichten Bauart. In dieser Weise ist die in Fig. 218 bis 220 abgebildete, im Jahre 1898 eröffnete Giesserei der Sächsischen Maschinenfabrik zu Chemnitz, erbaut[1]). Die Länge des Gebäudes beträgt 122 m, die Breite 78 m, die Spannweite jedes der acht Satteldächer 15,1 m. Das eiserne Gerüst jedes Daches ruht auf Säulen von 11 m Höhe, hat oben eine in der ganzen Länge sich erstreckende Lichthaube und in jedem Binderfelde aufgesetzte Fenster (Fig. 219). Die Laufbahn der elektrisch angetriebenen Laufkrahne erstreckt sich rechtwinkelig gegen die Längsrichtung des Gebäudes; von den acht Feldern, in welche das Gebäude geteilt ist (Fig. 220), sind vier mit je zwei, und zwei mit je einem Laufkrahn versehen, deren Tragkraft 5 bis 30 t beträgt. Die Träger für die Laufbahnen sind an den Köpfen der unteren Säulen befestigt (Fig. 219). Ausserdem sind 16 an die Säulen angeschlossene Drehkrahne und unter den erwähnten grossen Laufkrahnen noch einige rasch laufende Krahne für kleine Lasten vorhanden. Das letzte Feld (rechts in Fig. 220) ist zum Einbau von Räumen für Nebenzwecke, wie in der Abbildung angegeben ist, verwendet.

Anordnung der Schmelzöfen.

Für die Deckung des täglichen Bedarfs an flüssigem Gusseisen sind Kupolöfen erforderlich, während Flammöfen nur in Ausnahmefällen und nur in solchen Giessereien Verwendung finden, welche öfter sehr schwere Stücke zu giessen oder schwere, kostspielig zu zerkleinernde Alteisenstücke einzuschmelzen haben. Ein einziger Kupolofen ist, wenn er richtig eingerichtet ist, im stande, den Bedarf einer ziemlich grossen Giesserei zu decken; immerhin ist es ratsam, mindestens zwei Kupolöfen aufzustellen, um nicht den Betrieb unterbrechen zu müssen, wenn eine mehrtägige Ausbesserung des einen Ofens erforderlich wird. Mit diesen zwei Oefen lässt sich fast immer ohne Schwierigkeit der Betrieb unterhalten; wenn jedoch ab und an sehr grosse Stücke gegossen werden und man von der Aufstellung eines Flammofens absehen will, ist es empfehlenswert, noch einen dritten, grösseren Kupolofen aufzustellen. Auch wenn die verschiedenen Zwecke der Giesserei Gusseisen von abweichender Zusammensetzung erheischen, ist es zweckmässig, zumal bei umfänglicherem Betriebe, für jeden dieser Sonderzweige auch einen eigenen Kupolofen zu betreiben, so dass in grossen Giessereien bisweilen sechs oder noch mehr Kupolöfen vorhanden sind. Wenn aber in verschiedenen Räumlichkeiten geformt und gegossen wird, was aus den oben erörterten Gründen oft zweckmässig sein kann, so stellt man gewöhnlich in jeder dieser Werkstätten ein Paar Kupolöfen auf, damit das flüssige Eisen nicht gar zu weit befördert zu werden braucht.

Ueber die Wahl der Kupolofenform und der Abmessungen ist früher das Erforderliche mitgeteilt worden.

---

[1]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1898, Seite 1037.

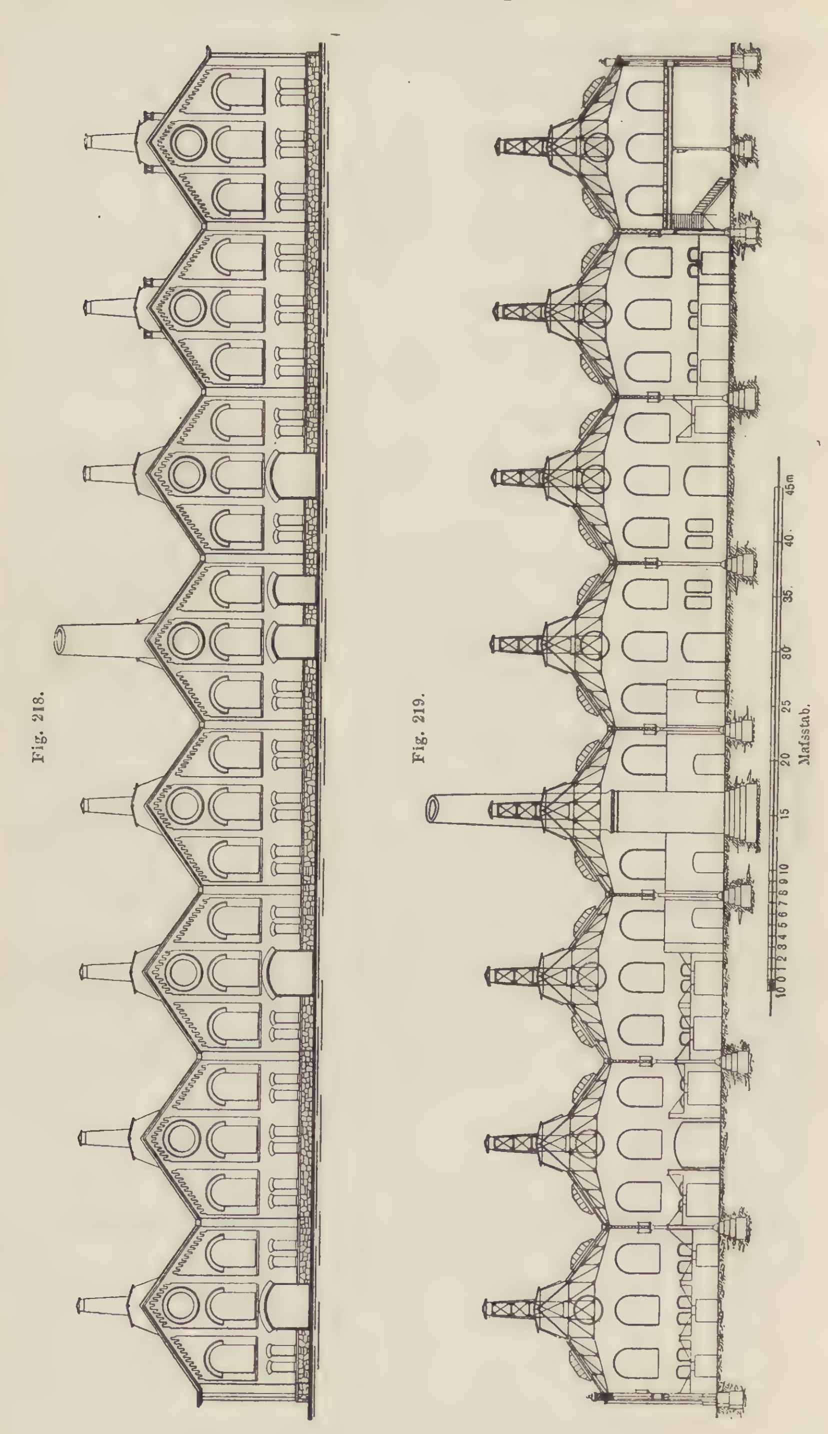
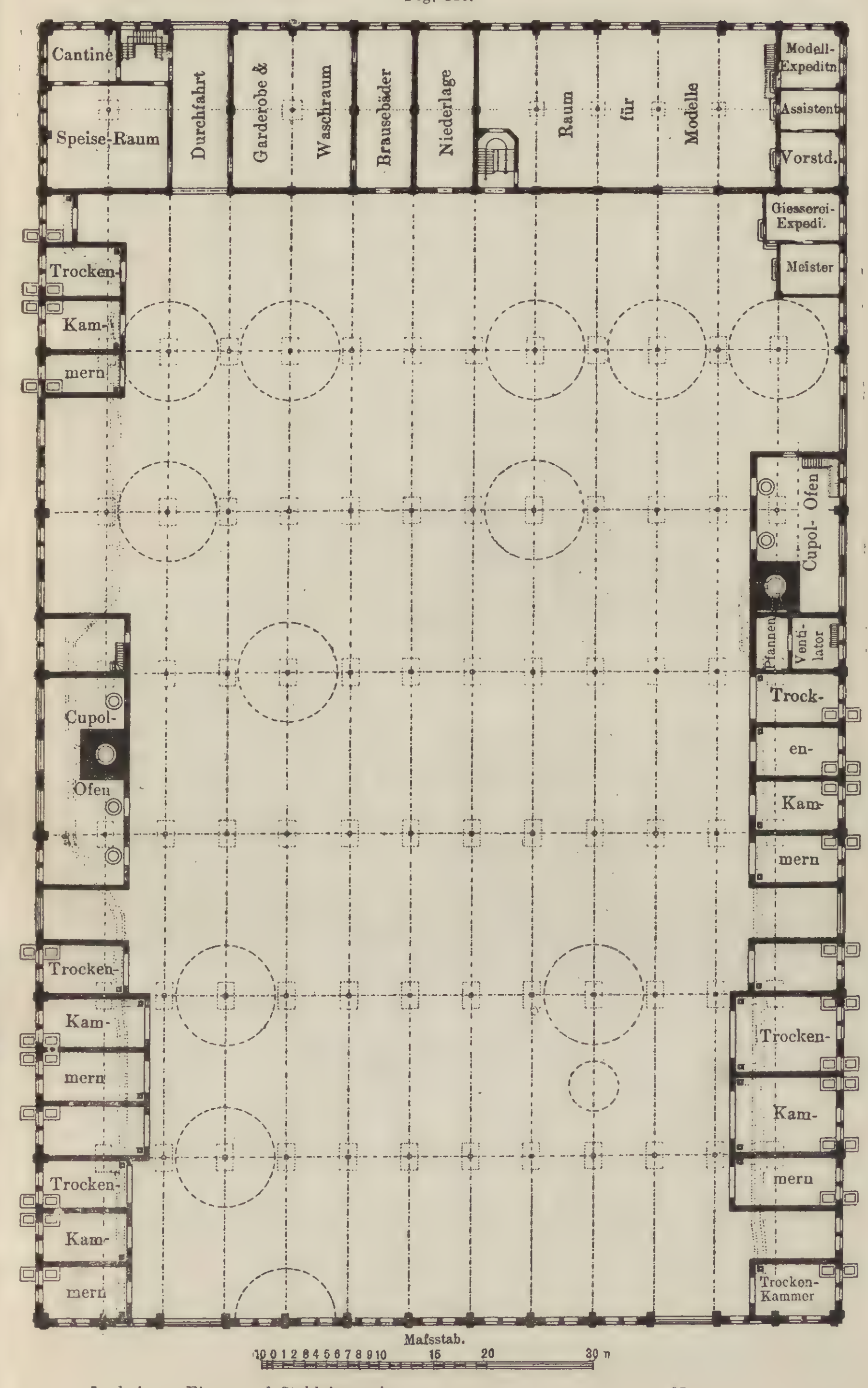


Fig. 218.

Fig. 219.

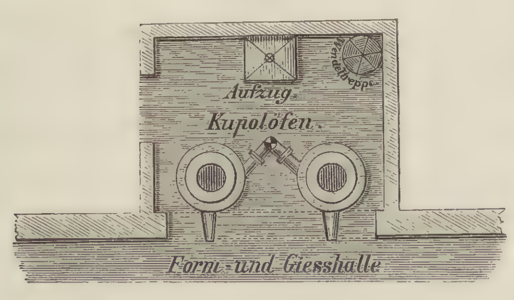
Fig. 220.


Cantine
Speise-Raum
Durchfahrt
Garderobe &
Waschraum
Brausebäder
Niederlage
Raum
für
Modelle
Modell-Expeditn
Assistent
Vorstd.
Giesserei-Expedi.
Meister
Trocken-
Kam-
mern
Cupol- Ofen
Pfannen
Venti-lator
Trock-
en-
Kam-
mern
Cupol-
Ofen
Trocken-
Kam-
mern
Trocken-
Kam-
mern
Trocken-
Kam-
mern
Trocken-Kammer
Mafsstab.
10 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 m

Die geeignetste Stelle für die Kupolöfen in einer Giesserei mit rechteckigem Grundrisse ist gewöhnlich die Mitte einer der beiden langen Seiten. Man erreicht hierdurch den Vorteil, dass die Oefen von keiner Stelle der Giesshalle unverhältnismässig weit entfernt sind und die Beförderung des Eisens deshalb überall hin ohne Schwierigkeit von statten geht. Dieses Ziel muss man bei der Wahl des Aufstellungsortes auch dann im Auge haben, wenn die Grundfläche der Giesserei aus besonderen Gründen eine unregelmässige Form besitzt. Jedenfalls wählt man diejenige Seite des Gebäudes für die Aufstellung der Kupolöfen, welche dem Lagerplatze für Roheisen zunächst liegt, damit das Herbeischaffen des Roheisens mit möglichst wenig Kosten zu bewirken sei. Hinter den Oefen befindet sich die gemeinschaftliche Gichtbühne nebst Gichtaufzug; letzterer muss von aussen her zugänglich sein, damit die Schmelzstoffe nicht durch die Giesserei hindurch befördert zu werden brauchen. Eine eiserne Treppe — häufig ist eine Wendeltreppe dafür geeignet — führt von unten nach der Gichtbühne.

Fig. 221.

Fig. 222.



Zweckmässig kann es sein, die Kupolöfen mit Gichtaufzug nicht, wie bei den abgebildeten Giessereigebäuden (Fig. 217, 220), innerhalb der eigentlichen Giesshalle, sondern in einem besonders dafür bestimmten, an die Giesserei angebauten Kupolofenhause aufzustellen, so dass die Oefen zwar dicht an der Umfassungswand des Hauptgebäudes, aber ausserhalb des letzteren, stehen. Jene Umfassungswand wird dann an der Stelle, wo die Kupolöfen sich befinden, mit einer überwölbten oder durch einen starken Träger abgedeckten Oeffnung versehen, welche breit und hoch genug sein muss, dass man neben den Oefen vorbei in das Kupolofenhaus gelangen kann. Diese Oeffnung stellt die Verbindung zwischen beiden Räumlichkeiten her und ermöglicht die Wartung des Stichlochs, das Entnehmen des geschmolzenen Eisens von der Giesshalle aus. Die beschriebene Einrichtung ist in den Abbildungen Fig. 221 und 222 dargestellt. Man erlangt dadurch mehrere Vorteile. Erstens bleibt der Raum innerhalb des Hauptgebäudes, der nun durch die Kupolöfen nicht geschmälert wird, benutzbar für die eigentlichen Arbeiten der Formerei und Giesserei, welcher Umstand um so mehr in Betracht zu ziehen ist, je kostspieliger die Anlage des Hauptgebäudes, bezogen auf

den Quadratmeter Grundfläche, ausfällt. Das Kupolofenhaus kann in leichter Bauart aufgeführt werden und wird dadurch billiger. Zweitens erhält man durch diese Einrichtung eine bequeme Gelegenheit zur Anbringung der Gichtbühne, indem man eiserne Querträger von einer Wand des Kupolofenhauses zur anderen hinüber legt und sie durch Belagplatten abdeckt. Auch die Essen der Kupolöfen lassen sich, wenn man sie nach der in Fig. 38 und 39 auf Seite 132 abgebildeten Art und Weise einrichtet, mit Leichtigkeit anbringen, indem man die Gusseisenrahmen, auf welchen sie ruhen, von der Wand des Hauptgebäudes und auf der anderen Seite von gusseisernen Säulen tragen lässt; nicht selten ist man sogar im stande, die Säulen ganz entbehren zu können, indem man die beiden Seitenteile jedes Rahmens entsprechend verlängert und in der Rückwand des Kupolofenhauses lagert. Endlich fallen auch, da der Gichtaufzug ausserhalb des Giessereigebäudes liegt, alle Störungen der Arbeiten des Formens durch Zugluft, Verkehr der Arbeitsleute, welche den Gichtaufzug bedienen, u. s. w. weg, welche gewöhnlich unvermeidlich sind, wenn Kupolofen und Gichtaufzug innerhalb des Hauptgebäudes sich befinden.

Wo es angeht, ordnet man die Krahne und Kupolöfen so gegeneinander an, dass grosse Giesspfannen, welche vor dem Kupolofen gefüllt wurden, ohne weiteres von einem Krahne ergriffen und an den Ort ihrer Bestimmung befördert werden können. Ist diese Einrichtung nicht gut möglich, so legt man Schienen von dem Stichloche des Kupolofens nach dem nächsten Krahne oder nach verschiedenen Krahnen, stellt die Giesspfanne auf einen eisernen Wagen und fährt sie dorthin, wo sie der Krahn erfassen kann.

Ueber die Einrichtung der Gichtaufzüge für die Kupolöfen ist im zweiten Abschnitte das Erforderliche gesagt worden.

Entschliesst man sich zur Anlage eines Flammofens, so baut man ihn nach den im zweiten Abschnitte gegebenen Regeln und stellt ihn in möglichster Nähe der Dammgrube an der Wand des Gebäudes auf, und zwar, wenn möglich, in einer Oeffnung der Umfassungswand, wie es für Kupolöfen beschrieben wurde (Fig. 221 und 222). Die Einsatzöffnung und Schüröffnung befinden sich bei dieser Anordnung ausserhalb des Gebäudes an der dem Stichloche gegenüberliegenden Seite, und das Einsetzen des Roheisens wie das Feuern geschieht von hier aus, ohne dass die dafür bestimmten Arbeiter die Giesshalle zu betreten brauchen. Ein besonderes Gebäude zur Bedachung des Ofens ist hierbei nicht erforderlich; ein einfaches von Säulen aus Holz oder Eisen gestütztes Pultdach genügt, den Ofen vor Regen und Schnee ausreichend zu schützen, ohne den erforderlichen Luftzug unter den Rost zu hemmen, was bei einer Aufstellung des Ofens in einem geschlossenem Raume zu befürchten sein würde.

Damit die Zuführung des Roheisens nach Möglichkeit erleichtert sei, benutzt man diejenige Seite des Gebäudes zur Aufstellung des Flammofens, an welcher der Roheisenlagerplatz und somit auch die Kupolöfen sich befinden.

Anordnung der Trockenkammern.

Die Zahl und Grösse der erforderlichen Trockenkammern für eine Eisengiesserei von vorgeschriebener Gusswarenerzeugung schwankt innerhalb ziemlich weiter Grenzen nach der verschiedenen Beschaffenheit der zu fertigenden Gusswaren. Wird ständig Lehmguss gefertigt, und geschieht die Herstellung der Gussformen bis zur beendigten Trocknung in den Kammern selbst, was mitunter, wenn auch auf Kosten des Brennstoffs, zweckmässig sein kann, damit eine Beschädigung der Gussformen durch die öftere Bewegung nach Möglichkeit vermieden werde, so ist allein für diesen Zweck mindestens eine geräumige Kammer erforderlich, welche nur von Zeit zu Zeit geheizt und dadurch allen anderen Zwecken entzogen wird, und der man eine Grundfläche von mindestens 25 qm, mitunter erheblich mehr (vergl. u. a. die Abbildung der Trockenkammer Fig. 50 und 51) zu geben pflegt; Giessereien, in welchen täglich bestimmte Gegenstände in Masseguss gefertigt werden, z. B. die Giessereien der grossen Lokomotivfabriken, welche täglich einen oder auch zwei der für die Lokomotiven erforderlichen Dampfcylinder zu liefern haben, müssen mit Trockenkammern, ganz besonders für diesen Zweck bestimmt und täglich geheizt, versehen sein; zu den Trockenkammern für die Gussformen kommen dann noch die Kerntrockenkammern für Sand-, Masse- und Lehmguss, deren Zahl ebenfalls von der Eigentümlichkeit der herzustellenden Abgüsse abhängt. So z. B. bedarf die Gussform eines Lokomotiv-Dampfcylinders, um ausreichend trocken zu werden, mitunter einer 36 stündigen Trocknung (die Beschaffenheit der Masse sowie die Wandstärke der Gussform sind hierbei massgebend); die Gussformen pflegen abends in die Kammer gebracht und bis zum Morgen des zweitfolgenden Tages darin belassen zu werden, worauf man die Kammer entleert, um sie abends aufs neue zu besetzen. Gibt man also den Kammern eine solche Grösse, dass nur je eine Gussform in jeder Platz hat, welche Einrichtung für einen regelmässigen Betrieb nicht unzweckmässig ist, so würden für jeden täglich zu giessenden Dampfcylinder zwei Kammern, für zwei Cylinder also vier Kammern erforderlich sein; ausserdem aber bedürfen die Kerne zu den Dampfcylindern der Trocknung, und eine fünfte Trockenkammer würde also für diesen Zweck notwendig werden, welche die Kerne für je zwei Dampfcylinder täglich zu trocknen im stande ist. Da aber ausser diesen regelmässig zu trocknenden Gegenständen zweifellos noch manche andere Gussformen und Kerne zu trocknen sein werden, so muss eine derartige Giesserei mit mindestens acht bis neun Trockenkammern ausgerüstet werden, damit nicht Verzug in der Arbeit durch die unzureichende Zahl der Kammern entstehe [1]).

Hat man bei der Anlage einer Giesserei nicht die Herstellung einer Sondergattung von Gusswaren ins Auge gefasst, welche, wie die erwähnten, besonders ausgedehnter Trocknungsvorrichtungen bedürfen, so wird man meistens ausreichen, wenn man je eine Trockenkammer

[1]) In der Borsigschen Giesserei (Fig. 217) sind 19 Trockenkammern vorhanden, wie die Abbildung erkennen lässt; die gleiche Zahl enthält die Giesserei der Sächsischen Maschinenfabrik (Fig. 220).

von durchschnittlich 20 bis 25 qm Grundfläche für eine jährliche Gesamterzeugung von 300 t Gusswaren (einschliesslich der in grünem Sande hergestellten Abgüsse) veranschlagt, mindestens aber zwei Kammern von etwas verschiedener Grösse anlegt. Ihre Länge oder wenigstens die Länge einer Kammer bemesse man nicht zu knapp (mindestens 8 m), damit man auch längere Kerne, wie sie z. B. der Säulenguss öfters erfordert, darin trocknen kann.

Für die Lage der Trockenkammern innerhalb der Giesserei kommen ähnliche Rücksichten in Betracht wie für die Lage der Schmelzöfen. Sie sollen von der Giesserei aus leicht zugänglich sein; der Platz vor den Trockenkammern muss von mindestens einem der Krahne — wenn ein Laufkrahn vorhanden ist, jedenfalls von diesem — bestrichen werden können, damit das Abheben der getrockneten schweren Gussformen oder Kerne von den Trockenwagen u. s. w. wie das Beladen dieser Vorrichtungen ohne Schwierigkeiten möglich sei; die Giesshalle selbst aber soll durch die Kammern möglichst wenig beengt werden. Ist die Zahl der erforderlichen Kammern verhältnismässig gering, so findet sich wohl an einer der Umfassungswände innerhalb des Gebäudes eine zu sonstigen Arbeiten weniger gut geeignete Stelle, z. B. bei gestreckter Grundform des Gebäudes an den Giebelseiten; bei grösserer Zahl ordnet man sie an einer der Längsseiten an, nötigenfalls auch an beiden Längsseiten, wenn der Raum an einer Seite nicht ausreicht (Fig. 220). Der Platz aber, den die Trockenkammern innerhalb des Gebäudes einnehmen, geht für die eigentliche Formerei und Giesserei verloren und muss durch eine entsprechend grössere Ausdehnung des Giessereigebäudes ersetzt werden. Je kostspieliger dieses ist, desto mehr empfiehlt es sich, auch die Trockenkammern in einen besonderen, mit geringen Kosten herzustellenden Anbau an dem Hauptgebäude zu verlegen und die Thüröffnungen der Kammern in der betreffenden Wand des Hauptgebäudes anzubringen, wie in Fig. 215 auf Seite 411 dargestellt ist. Die Kammer tritt hier von aussen in die dafür ausgesparte Oeffnung des Hauptgebäudes hinein; sie in Verband mit dem letzteren aufzuführen, ist in Rücksicht auf die Ausdehnung der Kammer beim Erwärmen nicht thunlich. Das Gebäude, welches die Kammern einschliesst, kann, wie in der Abbildung, durch ein leichtes Pultdach abgedeckt werden, und über diesem bleibt gewöhnlich noch ausreichender Platz zur Anbringung von Fenstern, so dass die Beleuchtung des Gebäudes von dieser Seite her auch dann nicht ausgeschlossen ist, wenn die Trockenkammern die ganze Seite einnehmen sollten. Zwischen der Rückseite der Kammern und der Wand des Anbaues wird ein hinlänglicher Zwischenraum gelassen, dass die Zufuhr von Brennstoff und die Heizung von hier aus bequem bewirkt werden kann. Auf diese Weise vermeidet man auch jene Unzuträglichkeiten, welche sich einstellen, wenn zahlreiche Trockenkammern von dem Innern der Giesshalle aus geheizt werden müssen.

Bei der Giesserei Fig. 216 dient das eine der beiden niedrigeren Seitenschiffe des Gebäudes demselben Zwecke wie ein besonderer Anbau, und die Heizung wird auch hier von aussen her bewirkt. Ungeeignet würde es dagegen sein, wenn man die Kammern ohne Bedachung aus dem Hauptgebäude heraustreten lassen wollte. Nicht allein würden sie unter dem Einflusse der Witterung bald leiden, sondern auch die Wärme-

verluste würden, da nunmehr an sämtlichen Wänden ein starker Luftwechsel eintreten müsste, erheblich sein und den erforderlichen Brennstoffverbrauch steigern.

Ueber die Einrichtung der Trockenkammern im besonderen sind im dritten Abschnitte die erforderlichen Regeln gegeben.

Vor den Trockenkammern befindet sich gewöhnlich die Masse- und Lehmformerei und die Kernmacherei, so dass die zu trocknenden Gegenstände unmittelbar in die Kammern gebracht werden können. Ist in der Giesshalle selbst der Platz sehr beengt und werden zahlreiche Kerne gebraucht, so verlegt man die Kernmacherei für kleinere Kerne, die ohne besondere Vorrichtungen sich fortbewegen lassen, auch wohl in eine besondere an die Giesshalle angebaute oder in der unmittelbaren Nähe befindliche Werkstatt.

In vielen Giessereien, insbesondere in solchen, welche grössere Mengen gröberen Maschinengusses zu liefern haben, kann man das Trocknen der Gussformen in Trockenkammern wenigstens teilweise durch das auf Seite 177 beschriebene Verfahren, Trocknen durch aufgesetzte Oefen, entbehrlich machen. Ist demnach die anzulegende Giesserei für die Herstellung solcher Gussformen bestimmt, welche die Anwendung jenes Verfahrens ermöglichen, so legt man vom Gebläse aus Röhren mit Zweigstutzen durch die Giesshalle, von welchen aus durch Schläuche der Gebläsewind den Gussformen zugeführt werden kann. Wird nur abends gegossen, so lässt sich, zumal bei kleinerem Betriebe, das für den Betrieb der Kupolöfen bestimmte Gebläse auch für diesen Zweck verwenden; bei umfänglicherer Benutzung des Verfahrens ist es ratsamer, ein besonderes Gebläse dafür aufzustellen.

Anordnung der Dammgruben.

Da die Dammgruben vorwiegend für die Lehmformerei benutzt werden, sucht man sie in der Nähe der Trockenkammern für die Lehmgussformen anzubringen, damit die Beförderung der letzteren nach der Dammgrube nicht unnötig erschwert werde; eine andere für die Wahl des Platzes massgebende Rücksicht ist die Nähe der Schmelzöfen, damit man nötigenfalls das flüssige Eisen unmittelbar aus dem Stichloche durch eine Gosse nach der Dammgrube leiten kann. Dass man aus diesem Grunde den Flammofen möglichst nahe bei die Dammgrube zu stellen pflegt, wurde schon oben erwähnt. Hat man ausreichend grosse Giesspfannen und einen Laufkrahn für ihre Fortbewegung zur Verfügung, so ist die Nähe der Kupolöfen weniger von Belang, und da die Anordnung der Dammgrube unmittelbar vor den Kupolöfen, also gewöhnlich in der Mitte des Gebäudes, störend auf den Verkehr innerhalb der Giesshalle einwirken könnte, findet man die Dammgrube auch wohl in der Nähe einer der beiden Giebelwände des Gebäudes, entfernter von den Kupolöfen, aber jedenfalls in der Nähe der Lehmgusstrockenkammern und des Flammofens, falls ein solcher vorhanden ist. Dass die Dammgrube auch innerhalb des Bereiches des Laufkrahnes oder eines starken Drehkrahnes liegen muss, welcher die Gussformen hinein, die Abgüsse heraushebt, bedarf kaum der Erwähnung.

Häufig genügt eine einzige Dammgrube allen Ansprüchen; wo jedoch die freie Formerei in grösserem Umfange betrieben wird, ordnet man zwei oder drei von verschiedenen Abmessungen an. Ueber die Einrichtung der Dammgruben vergleiche das im dritten Abschnitte Gesagte.

Anordnung des Herdes.

Die Herstellung eines Herdes für den sogenannten verdeckten Herdguss (Seite 246) lässt sich an jeder beliebigen Stelle des Arbeitsraumes durch Ausheben des Erdreiches und Einfüllen von Herdsand bewirken. Mitunter hebt man auch wohl von vornherein das ganze Erdreich an denjenigen Stellen innerhalb der Giesshalle, wo voraussichtlich eine derartige Formerei betrieben werden wird (unter dem Laufkrahne) auf eine Tiefe von etwa 1 m aus, falls es sehr steinig oder sonstwie ungeeignet sein sollte, und füllt Sand dafür ein.

Den eigentlichen Herd aber (zur Herstellung von offenem Herdguss), welcher in grösseren Giessereien täglich benutzt zu werden pflegt und in manchen Fällen eine ansehnliche Ausdehnung erhält, legt man so, dass er den Verkehr innerhalb der Giesshalle möglichst wenig hemmt. Denn über den Herd darf natürlich, wenn dort gearbeitet wird, nicht gegangen werden; es würde deshalb störend sein, wenn man ihn in die Mitte des Gebäudes unmittelbar vor die Schmelzöfen legen wollte. Auch die Verlegung in die Nähe einer der Ausgangsthüren ist nicht zweckmässig, da durch den Zug, welcher bei dem Oeffnen der Thüren jedesmal entsteht, nicht allein die auf dem Herde knieenden Arbeiter belästigt, sondern auch die Gussformen leicht beschädigt werden können, wenn fremde Körper hineingeweht werden. Irgend eine geschützte, vom Krahne erreichbare Stelle ausserhalb der Hauptverkehrslinie in der Giesserei ist zur Anlage des Herdes geeignet.

Die Heizung der Giesshalle.

Eine nicht ganz leichte Aufgabe ist die ausreichende Erwärmung grosser Giessereigebäude, um an kalten Wintertagen den Arbeitern den Aufenthalt erträglich zu machen und das Gefrieren des Wassers in den Leitungen und in den Formmaterialien zu verhindern. Zwar geben die Schmelzöfen und das ausfliessende Metall eine gewisse Wärmemenge ab, welche auch zur Erwärmung der Giesshalle beiträgt; aber in der Mehrzahl der Fälle wird erst nachmittags geschmolzen und gegossen, und während des grösseren Teiles der Arbeitszeit fällt alsdann jene Wärmequelle ausser Betracht. Auch die Trockenkammern geben Wärme ab, doch selten so reichlich, dass die dadurch bewirkte Erwärmung auch in kalten Tagen genüge. Bisweilen hilft man sich durch Aufstellung eiserner Oefen an verschiedenen Stellen des Arbeitsraumes, welche beim Eintreten gelinderer Witterung wieder entfernt werden. In diesem Falle ist schon bei der Anlage des Gebäudes auf die Anbringung von Essen zur Ableitung der Rauchgase Bedacht zu nehmen. Versäumt man diese Massregel und lässt die Gase im Arbeitsraume selbst entweichen, wie es bisweilen geschieht, so wird die Luft dadurch verschlechert, und in jedem Falle ist der Erfolg dieser Art der Heizung grosser Räume

ziemlich mangelhaft. Vollkommener und vermutlich auch billiger ist Luftheizung. In der Giesserei der Gebrüder Sulzer zu Winterthur dienen Dampfschlangen innerhalb gemauerter Kammern zur Erwärmung der Luft, welche durch einen Ventilator von aussen her angesaugt und der Giesserei zugeführt wird; an heissen Sommertagen wird dieselbe Vorrichtung zur Zuführung kühler Luft benutzt.

Die Aufbereitungsmaschinen für Formmaterialien.

Man bedarf fast stets einer oder mehrerer Kohlenmühlen (S. 182), eines Kollergangs (S. 184), einer Formsandmischmaschine (Schleudermühle, (S. 187), einer Lehmknetmaschine; auch die Aufstellung eines Siebes (S. 189) kann zweckmässig sein. Ist durch häufige Anfertigung von Röhren, Säulen oder dergleichen ein grösserer Verbrauch von Strohseilen bedingt, so ist auch die Aufstellung einer Strohseilspinnmaschine S. 190) empfehlenswert.

Mitunter stellt man die genannten Maschinen in der Giesshalle selbst auf. Wollte man sie hierbei zu ebener Erde anordnen, so würden sie jedoch den Raum innerhalb des kostspieligen Gebäudes beengen und durch das Hinein- und Hinausschaffen der Materialien würden gar leicht Störungen derjenigen Arbeiten veranlasst werden, für welche die Giesshalle eigentlich bestimmt ist. Wo man also die Giesshalle für diesen Zweck benutzen will, ist es vorzuziehen, die Maschinen auf eine erhöhte Bühne in einem Seitenteile des Gebäudes zu stellen und die aufzubereitenden Stoffe durch einen mechanischen Aufzug von aussen her hinauf-, die fertig aufbereiteten Sande u. s. w. durch eine Lutte in die Giesserei hinabzubefördern. In Fig. 214 auf Seite 409 stellt b eine für diesen Zweck errichtete Bühne dar. Wo man Veranlassung hat, thunlichst an Grundfläche zu sparen, kann diese Einrichtung als zweckmässig bezeichnet werden, obschon auch der Umstand Berücksichtigung verdient, dass die Hinaufbeförderung der aufzubereitenden Stoffe einen Verbrauch an mechanischer Arbeit erheischt, welcher einen Kostenaufwand veranlasst.

Häufiger zieht man es aus letzterem Grunde vor, die Maschinen in einen Anbau neben der Giesshalle zu stellen (Fig. 216 und 217). Ihren Antrieb erhalten sie durch Riemen von einer Vorgelegewelle aus, deren Bewegung durch einen in einem getrennten Raume aufgestellten Elektromotor oder eine Dampfmaschine bewirkt wird (vergleiche Fig. 217). Nicht thunlich würde es sein, die Aufbereitungsmaschinen, bei deren Benutzung eine reichliche Menge Staub entwickelt wird, in demselben Raume mit anderen Maschinen (Gebläse, Dampfmaschine, Elektromotor) aufzustellen.

b) Die Putzerei.

Bei der Einfachheit der Arbeit des Putzens kann auch die Einrichtung der Putzerei ziemlich einfach sein. Ein überdachter, ausreichend hoher, mit Fenstern versehener Raum kann dafür benutzt werden. Mitunter legt man die Putzerei unter das nämliche Dach mit der Giesserei, obschon bei kostspieligerer Bauart der Giesshalle es aus Sparsamkeitsrücksichten vorzuziehen ist, ein besonderes einfacheres Ge-

bäude für die Putzerei aufzuführen. Durch ein Schienengleis verbindet man alsdann die Giesshalle mit der Putzerei. Dass in jedem Falle die Putzerei von der Giesserei durch eine Wand getrennt werden muss, auch wenn beide in dem nämlichen Gebäude sich befinden sollten, wurde schon früher erwähnt.

An den Wänden der Putzerei unterhalb der Fenster errichtet man hölzerne oder eiserne Bänke, auf denen die kleineren Gegenstände geputzt werden; zum Heben und Wenden der grösseren ordnet man einen oder zwei Drehkrahne in der Mitte des Gebäudes oder einen den ganzen Arbeitsraum beherrschenden Laufkrahn an.

Obwohl die Handarbeit beim Putzen nicht immer ganz zu entbehren ist, sucht man sie doch in grösseren Giessereien in thunlichst umfänglichem Maasse durch Maschinenarbeit zu ersetzen. Stärkere Eingüsse oder verlorene Köpfe lassen sich mit Hilfe einer Band- oder Kreissäge[1]) abtrennen; zur Entfernung der Grate und zum Nacharbeiten benutzt man mit Vorteil Druckluftmeissel (Seite 355) und Schleifsteine (Seite 356), zur Entfernung des anhaftenden Sandes Scheuertrommeln (Seite 351) oder Sandstrahlgebläse (Seite 352). Die Maschinen können in gerader Reihe in der Mittellinie des Gebäudes aufgestellt werden, und sind hier am leichsten zugänglich; oder man benutzt die Giebelwände für ihre Aufstellung, wo sie den Platz am wenigsten beengen. Ihr Antrieb geschieht durch Riemen von einem Deckenvorgelege aus, welches seinerseits von aussen her angetrieben wird.

Beim Putzen entwickelt sich in reichlicher Menge Staub, welcher die Gesundheit der Arbeiter schädigen kann und dessen thunlichst rasche Entfernung deshalb wünschenswert ist. In einzelnen Giessereien findet man gute Einrichtungen hierfür. In der Giesserei für grobe Gusswaren der Gebrüder Sulzer in Winterthur sind im Fussboden Oeffnungen angebracht, welche durch Gitter abgedeckt sind und abwärts nach einem weiten Kanale führen, aus welchem durch einen Exhaustor die Luft abgesaugt wird. Eine zwischen dem Kanale und dem Exhaustor eingeschaltete Staubkammer dient zur Ansammlung des Staubes. In der Putzerei für kleinere Gusswaren derselben Firma sind die Arbeitstische mit durchbrochenen Platten versehen, durch welche der Staub hindurchfällt, um gleichfalls durch Absaugen entfernt zu werden[2]). Etwas weniger einfach ist eine von der Marienhütte bei Kotzenen eingeführte Einrichtung, bei welcher der feinere, durch den durchbrochenen Arbeitstisch hindurchfallende Staub ebenfalls abgesaugt, der gröbere hindurchfallende Staub durch eine Transportschnecke entfernt, der vom Arbeitstisch aufwirbelnde Staub aber durch ein feucht erhaltenes umlaufendes Tuch ohne Ende aufgefangen wird[3]).

Die beim Putzen abspringenden Eisenspäne fliegen oft weit umher und bilden eine stete Gefahr für die Fenster der Putzerei, welche dadurch häufiger Zertrümmerung ausgesetzt sind. Es ist deshalb ratsam,

---

[1]) Näheres über diese Maschinen: Ledebur, Mechanisch-metallurgische Technologie, 2. Auflage, Seite 527, 531.

[2]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1899, Seite 447.

[3]) Patentschrift Nr. 94384.

die Fensterscheiben klein zu nehmen, um wenigstens die Kosten der einzelnen Scheibe nach Möglichkeit zu verringern; zweckmässig ist auch eine Schutzvorrichtung in Form von Drahtgittern, die an der Innenseite der Fenster befestigt werden.

c) Die Modelltischlerei und die Aufbewahrungsräume für Modelle.

Bei der Feuergefährlichkeit, welche die Nähe der Giesserei mit sich bringt, ist es nicht ratsam, die Modelltischlerei oder gar die Räume, in denen die Modelle aufbewahrt werden, in unmittelbare Verbindung mit der Giesserei zu setzen; wohl aber muss die Tischlerei eine solche Lage erhalten, dass der ununterbrochene Verkehr zwischen beiden Werkstätten nicht unnötig erschwert wird.

Die Einrichtung kleinerer Tischlereien ist einfach. Jeder Tischler erhält seine Hobelbank, welche an der Fensterwand der Werkstatt aufgestellt wird. An einer passenden Stelle der Werkstatt wird eine Vorrichtung zum Leimkochen angebracht, am geeignetsten ein Wasserbad, in welches die Leimtiegel eingehängt werden.

Für jede einigermassen grössere Tischlerwerkstatt empfiehlt sich die Aufstellung einiger Werkzeugmaschinen. Eine kleinere oder grössere Drehbank ist fast immer erforderlich, eine Bandsäge sehr zweckmässig, in grossen Werkstätten kann eine Hobel- und Bohrmaschine gute Dienste thun. Damit der Antrieb der Werkzeugmaschinen in möglichst einfacher Weise bewirkt werden könne, stellt man sie am besten in einer Reihe, und zwar gewöhnlich in der Mitte der Werkstatt, auf; ist die Werkstatt sehr geräumig, so dass ihre eine Seite nicht mit Hobelbänken besetzt zu werden braucht, so kann man die Maschinen auch hier (längs der Wand) aufstellen; wodurch der Verkehr innerhalb der Werkstatt weniger als durch die ersterwähnte Anordnung beengt wird. Hat man nur Maschinen für Hand- oder Fussbetrieb, so ist man in der Wahl des Platzes weniger beschränkt und kann sie aufstellen, wo eben die Gelegenheit sich bietet.

Den Raum oberhalb der Tischlerei benutzt man gern zur Aufbewahrung der Hölzer in luftigen Bodenräumen; oder auch zur Aufbewahrung der Modelle. Letztere Einrichtung erleichtert zwar dem Tischlermeister die Beaufsichtigung des Modellvorrats, bringt aber die Gefahr mit sich, dass bei einer Feuersbrunst in der Werkstatt auch die sämtlichen, oft sehr kostspieligen Modelle zerstört werden. Wo man nicht ängstlich in der Ausnutzung des Grundstücks zu sein braucht, ist deshalb die Anlage eines besonderen allein stehenden Modellhauses zu befürworten.

Da die Zahl der aufzubewahrenden Modelle sich von Jahr zu Jahr mehrt, pflegt man sie in mehreren Stockwerken übereinander in geordneter Reihenfolge aufzustellen. Will man also den Raum über der im Erdgeschoss gelegenen Tischlerei hierzu benutzen, so müsste mindestens ein Stock nebst dem Bodenraume dafür bestimmt werden; im anderen Falle würde man ein Modellhaus, dessen Grundfläche mindestens gleich dem der Tischlerei wäre, ein- oder zweistöckig nebst Bodenraum einrichten. Die Modelle müssen gruppenweise geordnet, genau bezeichnet und in ein Verzeichnis eingetragen werden, so dass schlimmsten Falls

auch der Nichteingeweihte im stande ist, sie herauszufinden. Um möglichst viele Modelle auf einem gegebenen Raume unterbringen zu können, ohne dass die Uebersichtlichkeit darunter leidet, stellt man Gerüste auf, in denen Fächer übereinander zur Aufnahme der kleineren Modelle angebracht werden.

In grösseren Giessereien richtet man ausserdem in der Giesshalle einen durch eine Wand abgetrennten Raum vor, in welchem die zum Abgusse bestimmten, aber noch nicht in Benutzung genommenen oder für wiederholte Benutzung bestimmten Modelle einstweilen niedergelegt werden können. Die Einrichtung ist besonders dann notwendig, wenn die Giesserei und das Modellhaus weit voneinander entlegen sind. In Fig. 220 ist ein solcher Raum erkennbar.

d) Die Schlosserei.

Auch die kleinste Giesserei bedarf eines Schlossers, welcher die Werkzeuge und Geräte fertigt und ausbessert, Formkasten beschlägt, Eisen für die freie Formerei fertigt und sonstige Hilfsarbeiten ausführt. Es muss also eine, wenn auch kleine, Schlosserei eingerichtet werden mit einer Arbeitsbank, einem Schraubstock für jeden Schlosser und einem Schmiedefeuer.

Eine grössere Ausdehnung erhält die Schlosserei, wenn in ihr auch eine Weiterverarbeitung von Gusswaren stattfinden soll, was besonders häufig in denjenigen Giessereien vorkommt, welche Ofen- und Bauguss als Sonderzweig betreiben, während bei Giessereien, die nur einen Bestandteil einer grossen Maschinenfabrik bilden, gewöhnlich sämtliche Gusswaren nach dem Putzen den Werkstätten der letzteren überwiesen werden. Im ersteren Falle sind in der Schlosserei Ofenbeschläge zu fertigen, Gitter zusammenzusetzen und zahlreiche ähnliche Arbeiten auszuführen; gewöhnlich wird dann auch die Anstellung eines oder mehrerer Schmiede nebst Zuschläger erforderlich, und es ist zweckmässig, die Schmiedewerkstatt durch eine Zwischenwand mit Durchgangsthür von der Schlosserei zu trennen, wenn auch beide Werkstätten unter einem gemeinschaftlichen Dache vereinigt sind.

Bei einigermassen umfänglichem Betriebe ist auch in der Schlosserei die Aufstellung einiger Werkzeugmaschinen zweckmässig. Eine Drehbank zum Abdrehen von Formkastendübeln und zu ähnlichen Zwecken ist auch in der kleinsten Schlosserei fast unentbehrlich, sofern nicht, wie in Maschinenfabriken, eine besondere Dreherei mit der Eisengiesserei verbunden ist; eine Bohrmaschine leistet gute Dienste für sehr viele Arbeiten; auch eine kleinere Hobelmaschine (Feilmaschine oder Planhobelmaschine) findet gewöhnlich ausreichende Beschäftigung und vermag durch Ersparung an Zeit, Handarbeit und insbesondere an Feilen — bekanntlich der kostspieligsten Werkzeuge des Schlossers — nicht unerheblich zur Abminderung der Herstellungskosten vieler Gegenstände beizutragen. Da die genannten Maschinen in kleineren Abmessungen auch für Hand- oder Fussbetrieb gebaut werden, kann ihre Anschaffung selbst in einer kleinen Werkstatt von Nutzen sein. Wie in der Tischlerei stellt man die Werkzeugmaschinen in einer Reihe auf, entweder in der Mitte der Werkstatt oder an der einen Längswand.

Die Anlage einer besonderen Räumlichkeit für die Aufstellung der Maschinen, getrennt von der Schlosserei, hat kaum einen Zweck, wenn nicht örtliche Verhältnisse — z. B. das Vorhandensein einer verfügbaren Wasserkraft — dafür sprechen.

Als Gebläse für das Schmiedefeuer wählt man statt des früher allgemein gebräuchlichen Schmiedeblasebalgs besser ein Schleuder- oder ein Kapselgebläse (Seite 135). Auch für Hand- oder Fusstrittbetrieb werden kleine Gebläse dieser Gattungen gefertigt. Das Schmiedefeuer wird gemauert oder aus Gusseisen gefertigt; für sehr kleine Schlosserwerkstätten, in denen nur der Schlosser selbst ab und an das Schmiedefeuer benutzt und ein eigentlicher Schmied nicht genügende Beschäftigung findet, reicht für diesen Zweck eine fahrbare Feldschmiede aus, an der zugleich das mit Fusstrittbetrieb versehene Gebläse befindlich ist[1]).

Hat man nur einen oder zwei Schlosser zu beschäftigen, so findet sich für die erforderliche kleine Werkstatt wohl ein Platz in oder neben der Giesserei; eine grössere Schlosserei wird zweckmässiger in einiger Entfernung von dem Giessereigebäude aufgeführt, damit letzteres nicht durch die ohnehin zahlreichen Anbauten (Kupolofenhaus, Trockenkammern, Maschinenhaus) allzusehr eingeengt werde.

e) Die Lagerstätten für Formkasten, Roheisen, Brennstoffe und sonstige Materialien.

Die in der Ueberschrift genannten Lagerplätze sucht man so anzuordnen, dass die Beförderung der auf ihnen befindlichen Geräte und Materialien nach der Giesserei in möglichst einfacher Weise zu bewirken ist. Auf dem Lagerplatze für schwerere Formkasten — kleinere lassen sich gewöhnlich innerhalb der Giesserei selbst unterbringen — stellt man zweckmässigerweise einen auf Schienen rollenden Krahn auf, um mit möglichst wenig Aufwand von Arbeitskräften das Auf- und Abladen der Formkasten bewirken zu können; der Krahn muss den ganzen Platz überspannen, und es ist deshalb empfehlenswert, diesen nicht sehr breit zu nehmen und ihm bei erforderlicher grösserer Ausdehnung lieber eine grössere Länge zu geben. Durch ein Schienengleis, auf welchem ein zur Fortbewegung der Formkasten bestimmter Wagen läuft, verbindet man den Formkasten-Lagerplatz mit der Giesserei, so dass jener Wagen auf den Schienen bis unter einen der Krahne der Giesserei, welcher die Formkasten auf- und abladet, laufen kann.

Der Lagerplatz für Roheisen befindet sich hinter dem Kupolofenhause. Liegt die Giesserei an einem schiffbaren Gewässer, auf welchem das Roheisen zugeführt wird, so wird man die ganze Anordnung so zu treffen suchen, dass die Schiffe unmittelbar an dem Roheisenlagerplatze ausladen können, während dieser an der anderen Seite sich bis zur Giesserei erstreckt; wird das Roheisen auf der Bahn zugeführt,

---

[1]) Ueber Einrichtung und Betrieb der Schmiedefeuer: Ledebur, Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie, 2. Auflage, S. 245.

so legt man ein Gleis, auf dem die Güterwagen das Roheisen unmittelbar vom Bahnhofe herbeiführen, bis auf den Lagerplatz.

Das ankommende Roheisen wird in geordneter Weise in Haufen von je 10 Tonnen, gemäss dem Inhalte eines Eisenbahnwagens, derartig aufgestellt, dass eine Verwechselung der einzelnen Roheisensorten nicht möglich, die Entnahme des Roheisens von jeder einzelnen Sorte dagegen ohne Schwierigkeit zu bewirken ist. Nicht überflüssig ist es, wenn man, wo eine scharfe örtliche Trennung der Sorten nicht möglich ist, jeden Roheisenhaufen mit einer die Sorte deutlich angebenden Bezeichnung versieht, welche mit weisser Oelfarbe darauf geschrieben wird.

Die Aufstellung eines oder mehrerer Masselbrecher (Seite 155) ist bei grösserem Betriebe zweckmässig. Der Antrieb kann elektrisch oder durch Wasserdruck bewirkt werden, abhängig von den sonstigen vorhandenen Einrichtungen.

Der Lagerplatz für Koks kann, da der Verbrauch an Koks nur ungefähr ein Achtel so gross ist als der Verbrauch an Roheisen, etwas entfernter von der Giesserei entlegen sein, wenn in der unmittelbaren Nähe keine passende Stelle dafür sich finden sollte, wird aber nach Möglichkeit so gewählt, dass die Eisenbahnwagen oder Schiffe nahe dabei abladen können. Da die Koks bei längerem Lagern im Freien leiden, so empfiehlt sich die Anlage eines leicht gebauten Schuppens, sofern die örtlichen Verhältnisse die Aufspeicherung eines für einen längeren Zeitraum bestimmten Vorrats notwendig machen sollten.

Stein- oder Braunkohlen zur Kesselfeuerung ladet man in der Nähe des Kesselhauses ab und bewahrt sie am besten ebenfalls in einem Schuppen auf.

Formsande müssen, wenigstens die wertvolleren, gleichfalls unter Dach auf einer festgestampften oder gepflasterten Sohle aufbewahrt werden. Sehr kostspielige Sande, die nur für bestimmte Zwecke angekauft wurden, nimmt man am besten unter Verschluss.

f) Magazine und Verwaltungsräume.

Die Anlage eigentlicher Magazine für fertige Waren ist überhaupt nur da erforderlich, wo bestimmte Gusswaren, z. B. Oefen, Gitter, Kunstgusssachen u. dergl., in Vorrat gearbeitet werden, spielt aber hier eine nicht unwichtige Rolle, da der Platz, welchen solchen Waren einnehmen, ziemlich beträchtlich zu sein pflegt, und sie in einer Weise aufgestellt werden müssen, dass wenigstens ein Stück von jeder Gattung als Muster für Käufer jederzeit zur Ansicht bereit steht. Nicht selten benutzt man für diesen Zweck das Erdgeschoss eines grösseren Gebäudes, dessen obere Räume als Wohnung für den Magazinbeamten oder für Verwaltungszwecke bestimmt sind; oder man führt das Magazin selbst zwei- oder mehrstöckig auf, um an Grundfläche zu sparen. In jedem Falle bemesse man die letztere reichlich genug, um in Zeiten der Geschäftsstille nicht in Verlegenheit zu kommen. Für mittelgrosse Ofengiessereien ist ein zweistöckiges Magazin von 400 qm Grundfläche

keinesfalls zu gross. Der Boden des Magazins wird gepflastert, die Stockwerke werden durch eiserne Säulen getragen, damit der Platz möglichst wenig beengt werde. Vor dem Magazine wird eine Vorhalle eingerichtet, in welcher die aus der Giesserei kommenden Gusswaren abgenommen und gewogen, die verkauften verladen werden. Damit der Verkehr der Käufer auf dem Werke nicht hinderlich sei, verlegt man das Magazin möglichst an den Haupteingang des Grundstücks. Auch wenn ein eigentliches Magazingebäude nicht erforderlich sein sollte, muss immerhin auf dem Hofe ein freier Raum geschaffen werden, auf welchem die fertigen Gusswaren bis zu ihrer Abholung lagern können.

Ebenfalls in der Nähe des Eingangs befindet sich das kaufmännische Geschäftszimmer nebst der Kasse und dem Zimmer des Vorstandes. Ist ein technisches Arbeitszimmer erforderlich, so pflegt auch dieses in demselben Gebäude seinen Platz zu erhalten.

An sonstigen Räumlichkeiten für die Verwaltung ist erforderlich:

Eine Meisterstube, welche innerhalb der Gieshalle selbst oder in einem Anbau hergerichtet wird und von jener aus unmittelbar zugänglich sein muss. Sie dient dem Giessermeister zur Ausführung der ihm obliegenden schriftlichen Arbeiten (Notizen über Lohngedinge, Schichten der Arbeiter u. a. m.) und zur Aufbewahrung kleiner Materialien für den täglichen Gebrauch (Formerstifte, Kernträger, Taue, Wachslichte u. s. w.).

Ein Zimmer des Betriebsleiters, falls dieser nicht zugleich sein Arbeitszimmer im Hauptverwaltungsgebäude besitzt. Gewöhnlich wird ausser dem Vorsteher noch ein mit der Führung der Lohntabellen, Materialienrechnung u. s. w. beauftragter Unterbeamter in diesem Zimmer beschäftigt sein, so dass bei Bemessung des hierfür erforderlichen Raumes hierauf Rücksicht genommen werden muss. Da dieses Zimmer gewissermassen den Mittelpunkt bildet, von dem alle Fäden des Betriebes ausgehen, so suche man ihm eine solche Lage zu geben, dass es von allen Werkstätten aus leicht zugänglich ist.

Ein Magazin für Schmiermaterialien, Farben, Feilen, Werkzeugstahl und überhaupt solche Stoffe und Werkzeuge, welche in grösseren Mengen gekauft und an einem verschlossenen trockenen Orte aufbewahrt werden müssen.

g) Beleuchtung.

Für die Beleuchtung der Giesshalle im ganzen und der freien Plätze haben elektrische Bogenlampen in der Neuzeit mehr und mehr Eingang gefunden. Mangelhafte Beleuchtung der Giesshalle veranlasst leicht Unglücksfälle bei der Beförderung des flüssigen Metalls und beim Giessen selbst, und keine andere Beleuchtungsweise ist so wie das elektrische Bogenlicht geeignet, alle Teile der Halle genügend zu beleuchten. Gasflammen finden daneben Benutzung zur Beleuchtung einzelner Arbeitsplätze, insbesondere solcher, auf denen kleinere Gegenstände geformt werden; auch zur Beleuchtung der übrigen Werkstätten ist Gaslicht am üblichsten. Es ist bei gleicher Leuchtkraft gewöhnlich

billiger als elektrisches Licht, und elektrische Glühlampen sind leicht zerbrechlich. Manche Giessereien besitzen ihre eigene Gasanstalt, wenn die Gelegenheit fehlt, von einer grösseren Anstalt Leuchtgas zu beziehen.

h) Die Kraftmaschinen und der Wasserbedarf.

Mechanische Arbeit (Kraft) ist regelmässig erforderlich zum Betriebe des Gebläses, Aufzuges, der Aufbereitungsmaschinen; in grösseren Giessereien auch der Krahne, Putzmaschinen, Masselbrecher, sowie nicht selten einiger Formmaschinen, welche durch Wasser- oder Luftdruck betrieben werden. Wasserkraft zur Erzeugung dieser Arbeit steht nur selten zur Verfügung; fast immer ist die Aufstellung einer Dampfmaschine dafür erforderlich. Bis zum Beginne der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts liess man nun von der Dampfmaschine aus jene genannten Arbeitsmaschinen regelmässig durch Vermittelung eingeschalteter Wellen mit Bewegungsübertragung durch Getriebe, Riemen oder Seile antreiben. Dadurch war man genötigt, sämtliche von derselben Dampfmaschine zu betreibende Arbeitsmaschinen in thunlichster Nähe von dem Dampfmaschinenhause aufzustellen, damit die Länge der Wellen, Riemen oder Seile nicht zu beträchtlich ausfalle. Das Dampfmaschinenhaus, in welchem zugleich das Gebläse aufgestellt wurde, legte man thunlichst nahe an die Kupolöfen, damit die Windleitung nicht zu lang werde, und an das Dampfmaschinenhaus schloss sich, wenn die Oertlichkeit es gestattete, das Gebäude für die Aufbereitungsmaschinen. Noch heute ist die grössere Zahl der Giessereien in dieser Weise eingerichtet.

Mit der Zahl der für eine solche Kraftübertragung erforderlichen Wellen und ihrer Entfernung voneinander wachsen aber die Arbeitsverluste und die Unterhaltungskosten beträchtlich. Bei Neuanlagen zieht man es deshalb meistens vor, den elektrischen Strom zur Kraftübertragung zu benutzen. Die Dampfmaschine und die von ihr betriebene Dynamomaschine brauchen in diesem Falle nicht unmittelbar neben der Giesserei sich zu befinden, häufig ist man in der Lage, von einer für eine grössere Anlage bestimmten elektrischen Zentrale aus den Strom zu beziehen. Bei der Wahl des Platzes für die aufzustellenden Arbeitsmaschinen ist man nunmehr weniger beschränkt. Elektromotoren in der Nähe der letzteren oder in unmittelbarer Verbindung mit ihnen vermitteln die Bewegungsübertragung; ein einziger Elektromotor kann bei Einschaltung eines Zwischengeleges zum Betriebe mehrerer, gleichen Zwecken dienenden Maschinen Verwendung finden, wenn ihre Entfernung voneinander nicht erheblich ist.

In dieser Weise werden z. B. die Maschinen der in Fig. 217 (Seite 413) abgebildeten Giesserei angetrieben. Hinter den Kupolöfen befinden sich das Maschinenhaus für die Gebläse, die Winden für die Aufzüge und drei Elektromotoren, von denen einer für den Betrieb der Gebläse, der zweite für den Betrieb der Winden und der dritte für den Betrieb der in dem benachbarten Raume aufgestellten Aufbereitungsmaschinen bestimmt ist. Eine in dem letzteren Raume gelagerte Welle mit Riemenscheiben nimmt die Bewegung auf und überträgt sie auf die

einzelnen Maschinen. Die elektrisch angetriebenen Krahne sind mit eigenen Elektromotoren versehen.

Nicht ganz leicht ist es, den gesamten Kraftbedarf einer anzulegenden Giesserei zu veranschlagen, um danach die Leistungsfähigkeit der Betriebsmaschine zu bemessen. Die Aufgabe wird durch den Umstand erschwert, dass nicht alle anzutreibenden Maschinen, z. B. Krahne, gleichzeitig zu arbeiten pflegen. Der Arbeitsverbrauch der Gebläse lässt sich, wie auf S. 138 erläutert wurde, berechnen; über den Arbeitsverbrauch der Aufbereitungsmaschinen ist bei deren Beschreibung einiges nähere mitgeteilt. Maschinen für die Putzerei sowie die Werkzeugmaschinen für die Schlosserei und Tischlerei erheischen je 1 bis 10 Pferdestärken; der Arbeitsverbrauch der Krahne und Gichtaufzüge ergibt sich aus der Grösse der zu fördernden Lasten und der Förderungsgeschwindigkeit. Wird Druckwasser oder Druckluft gebraucht, so kommt auch dafür ein Arbeitsverbrauch in Betracht, und wenn die Giesserei für Beleuchtungszwecke eine eigene Dynamomaschine im Betriebe hat, erhöht sich der Arbeitsverbrauch dadurch erheblich. In kleinen Giessereien mit Krahnen für Handbetrieb und ohne elektrische Beleuchtung kann eine 10pferdige Maschine für den Betrieb des Gebläses, Aufzuges und der Aufbereitungsmaschinen schon ausreichend sein, zumal wenn die Arbeitsmaschinen und das Gebläse nicht gleichzeitig betrieben werden; für grosse Giessereien mit mechanisch angetriebenen Krahnen und eigener elektrischer Beleuchtung sind Dampfmaschinen von mehr als 100 Pferdestärken erforderlich. Für den Betrieb und die Beleuchtung der in Fig. 218 bis 220 abgebildeten Giesserei der Sächsischen Maschinenfabrik, welche für eine Jahreserzeugung von 15000 t Gusswaren bestimmt ist, dient eine 350pferdige Dampfmaschine; eine etwas kleinere Giesserei der Gebrüder Sulzer in Winterthur mit 15 Laufkrahnen, deren Tragkraft zwischen 12,5 bis 25 t schwankt, den erforderlichen Aufbereitungsmaschinen, 4 Kupolöfen und 45 Bogenlampen wird durch eine 250pferdige Dampfmaschine betrieben [1]).

Aus der Leistungsfähigkeit der Dampfmaschine ergibt sich deren Wasserverbrauch nach den Erfahrungssätzen des Maschinenbaues. Hierzu kommt der Wasserverbrauch für die Zwecke der Formerei und Giesserei, welcher etwa zu $^1/_2$ l für jedes Kilogramm Gusswaren sich veranschlagen lässt. Häufig ist er geringer. Wasserbehälter, welche von einer Hochdruckleitung aus gespeist werden, müssen in angemessenen Entfernungen innerhalb der Giesshalle verteilt werden.

i) Die erforderliche Grundfläche.

Die Menge der Gusswaren, welche der einzelne Arbeiter in bestimmter Zeit zu liefern vermag, also auch der Platzbedarf für die Erzeugung einer bestimmten Menge Gusswaren in gegebener Zeit, ist sehr verschieden und hängt von dem Gewichte der einzelnen Stücke und der Schwierigkeit des Einformens ab. Ein Former mit einem Gehilfen vermag durch Handarbeit von mittelschwerem Maschinenguss jährlich etwa 50 t zu liefern und bedarf dazu innerhalb der Giesshalle eines Raumes

---

[1]) Näheres: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1899, Seite 446.

von 30 bis 40 qm Grundfläche einschliesslich des Platzes für Krahne und Verkehrswege. Werden sehr viele schwere und leicht zu formende Gegenstände gegossen, so ist der Platzbedarf geringer, für leichte Gegenstände (z. B. Ofen- und Zierguss) kann er auf 50 qm steigen. Hierzu kommt der Raum für die Trockenkammern, Schmelzöfen, den Gichtaufzug, die Aufbereitungsmaschinen, so dass für eine Jahreserzeugung von 1000 t Gusswaren die Giesshalle nebst ihren unter a aufgeführten Anbauten eine Grundfläche von 1200 bis 1500 qm beansprucht, sofern die Giesserei für Darstellung mittelschweren Gusses bestimmt ist. Die Ziffer verringert sich jedoch bei grösserer Gesamterzeugung, da der Raumbedarf für die Krahne, Verkehrswege und Anbauten nicht in dem gleichen Verhältnisse mit der Erzeugungsfähigkeit zunimmt, und in sehr grossen Giessereien, in welchen viele schwere Stücke gefertigt werden, kann eine Grundfläche von 1000 qm für eine Jahreserzeugung von 1000 t Gusswaren ausreichend sein[1]).

Die erforderliche Grundfläche für die unter b bis f genannten zugehörigen Teile einer Giessereianlage lassen sich auf die Grundfläche der Giesshalle beziehen, und zwar kann man rechnen:

für die Putzerei	15 v. H.	des Platzbedarfs für die Giesshalle nebst Anbauten,
„ „ Modelltischlerei	10 „ „	
„ das Modellhaus	10 „ „	
„ die Schlosserei, falls diese nur für die Instandhaltung der Werkzeuge und Geräte bestimmt ist	5 „ „	
„ die Lagerplätze für Roheisen, Brennstoffe, Formsande	20 „ „	
„ Verwaltungsräume und Magazine . . .	20 „ „	
„ Verkehrswege und Unvorhergesehenes .	40 „ „	

so dass der Gesamtbedarf an Grundfläche einer Giesserei nebst allem Zubehör für je 1000 t Jahreserzeugung sich auf 2000 bis 3000 qm beziffert.

k) Giessereien für besondere Zwecke, insbesondere Röhrengiessereien.

Die Eigentümlichkeiten der Einrichtung von Ofengiessereien, Geschirrgiessereien und allgemein solcher Werkstätten, in welchen kleinere Gegenstände eingeformt werden sollen, wurden schon im vorstehenden berührt.

Wenn indess eine bedeutende Massenanfertigung gleicher Gegenstände mit Hilfe von Formmaschinen stattfindet, hat man wohl durch

---

[1]) Die Grossgiesserei der Sächsischen Maschinenfabrik Fig. 220 bedeckt einen Flächenraum von 9500 qm, eine dazu gehörige (nicht mit abgebildete) Giesserei für kleinere Gegenstände einen Flächenraum von 5100 qm, zusammen 14600 qm. Die erreichbare Gesamterzeugung beider Giessereien ist auf 15000 t im Jahre veranschlagt (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1898, Seite 1037); eine für Darstellung von jährlich 1000 t Maschinenguss bestimmte kleine Giesserei in Basel umfasst 1415 qm ohne die 115 qm grosse Putzerei (Correspondenz des Vereins deutscher Eisengiessereien vom 15. Nov. 1898).

Teilung der Arbeit des Einformens, Giessens u. s. w. die Leistungsfähigkeit der Anlage zu erhöhen gesucht. An einer Stelle wird geformt, an einer zweiten werden die Gussformen zusammengestellt und fertiggemacht, an einer dritten wird gegossen, an einer vierten findet die Entleerung der Formkasten statt, worauf diese nach den Formmaschinen zurückbefördert werden. Bei einer in „Stahl und Eisen“ 1898, Seite 461 beschriebenen und durch Abbildungen erläuterten Einrichtung dieser Art[1]) dient eine Reihe in einer geschlossenen Linie auf Schienen laufender Wagen zur Weiterbeförderung der Formkasten nebst Gussformen; in anderen Fällen hat man Drehscheiben für den gleichen Zweck in Benutzung genommen. Das Verfahren kann nur da Erfolg haben, wo es eben möglich ist, die Arbeiten unausgesetzt in gleicher Regelmässigkeit aufeinander folgen zu lassen.

Besondere und einer etwas eingehenderen Besprechung werte Eigentümlichkeiten zeigt auch die Einrichtung neuerer Röhrengiessereien.

Das jetzt übliche Verfahren der Röhrengiesserei wurde im sechsten Abschnitte beschrieben. Es beruht darauf, dass die Formkasten in senkrechter Stellung eingeformt und von unten her ohne weiteres getrocknet werden, um dann, nachdem der Kern eingehängt worden ist, zum Abgiessen fertig zu sein. Es müssen also für die Bedienung der Formkasten zwei Stockwerke geschaffen werden; das obere für das Einformen und Giessen, das untere, um dem Arbeiter zu ermöglichen, von hier aus die Trocknung zu bewirken, den unteren Verschlussdeckel des Formkastens abzunehmen und wieder zu befestigen. Der Zweck liesse sich erreichen, wenn man die Formkasten auf Trägern aufhinge, welche über eine Dammgrube von entsprechender Tiefe gelegt sind, und nun vom Boden der Dammgrube aus das Trocknen und die übrigen hier erforderlichen Arbeiten ausführen liesse. In der That findet man bei einigen Giessereien eine derartige Einrichtung. Aber das Arbeiten in der engen Dammgrube ist nicht allein sehr beschwerlich, sondern auch wegen der beim Trocknen sich entwickelnden Gase gesundheitsgefährlich; bei neueren Anlagen hat man es deshalb vorgezogen, das Gebäude selbst in zwei Stockwerken aufzuführen, im oberen Stock das Formen und Giessen, im Erdgeschoss das Trocknen u. s. w. ausführen zu lassen.

Eine Anlage dieser Art, die im Jahre 1873 erbaute Röhrengiesserei zu Groeditz bei Riesa, ist in Fig. 223 im Aufrisse abgebildet.

Die Höhe des Erdgeschosses einschliesslich Decke ist 4,5 m, die Höhe der darüber liegenden Form- und Giesshalle bis zum Dache 9 m. Letztere ist im ganzen 22 m breit und 45 m lang. Neun Stück Säulen teilen sie in zwei gleiche Hälften von je 11 m Breite. Die eine, in der Abbildung rechts befindliche, Hälfte ist zur Herstellung der Gussformen, die andere für die Kernmacherei bestimmt. In dem von kräftigen Gewölben getragenen, mit Beton abgedeckten Fussboden der zum Formen und Giessen bestimmten Hälfte befinden sich neun parallele, durch den Fussboden hindurchgehende Schlitze, rechtwinkelig gegen die Längsseiten des Gebäudes gerichtet und zur Aufnahme der senkrecht aufgehängten Formkasten bestimmt, welche von hier aus in das Erdgeschoss hinab-

---

[1]) Giesserei der Westinghouse-Luftbremsen-Gesellschaft zu Wilmerding bei Pittsburg.

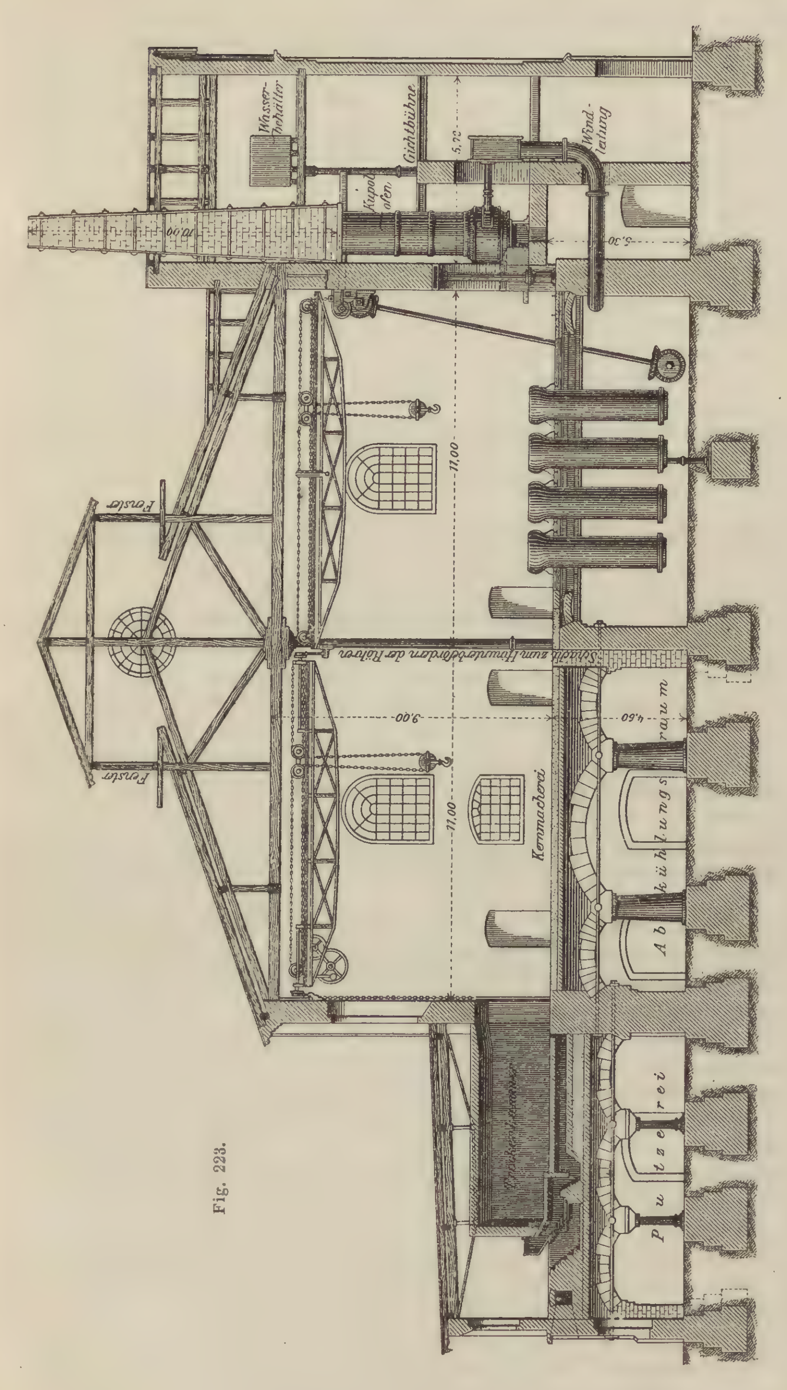

Wasser-
behälter
Gichtbühne
Kupol-
ofen
Wind-
leitung
5,72
10,00
5,30
11,00
Fenster
Fenster
Schacht zum Herunterbefördern der Röhren
9,00
4,60
11,00
Kernmacherei
Abkühlungsraum
Putzerei

Fig. 223.

reichen (vergl. die Abbildung). Jeder dieser Schlitze ist 8 m lang, die Breite ist bei den grössten 1,5 m und verringert sich bei den schmalsten auf ungefähr 0,5 m, so dass man für verschiedene Rohrsorten verschiedene Formkasten in die einzelnen Schlitze einhängen kann. Die Seitenwände der Schlitze bestehen aus eingemauerten Blechträgern; quer über diese hinüber sind kurze Gusseisenbalken gelegt, auf denen, wie die früher gegebenen Abbildungen des Röhrenformens (Fig. 196 bis 199) deutlicher erkennen lassen, die Formkasten in einfacher Weise befestigt werden.

Ueber jedem Schlitze, 8 m über dem Fussboden des Arbeitsraumes, ist ein Bühnenkrahn angebracht, der jedoch ausser der Hubbewegung nur eine einzige wagerechte Bewegung, die Katzenbewegung in der Richtung des Schlitzes, auszuführen im stande ist, selbst aber nicht von seiner Stelle bewegt wird. Die grösseren dieser Krahne sind für 10 Tonnen, die mittleren für 5 Tonnen, die kleinsten für $2^1/_2$ Tonnen Belastung eingerichtet. Letztere haben Handbetrieb, die mittleren und grösseren Krahne aber werden durch Dampf von einer gemeinschaftlichen wagerechten Welle aus angetrieben, welche an der Längswand des Gebäudes gelagert ist. Die Einrichtung der Krahne ist in Rücksicht auf die fehlende Längsbewegung verhältnismässig einfach, und da jeder Schlitz seinen eigenen Krahn besitzt, wird jede Verzögerung in der Arbeit vermieden, welche durch das Warten auf einen für mehrere Schlitze gemeinschaftlichen Krahn entstehen könnte.

Für die Kernmacherei in der linken Hälfte des Gebäudes genügt dagegen ein einziger von Hand betriebener Laufkrahn, welcher von einem Ende des Gebäudes zum anderen beweglich ist.

Den Schlitzen für die Formkasten entsprechen acht Trockenkammern für die Kerne auf der linken Seite des Gebäudes neben der Kernmacherei. Die Trockenkammern sind, wie es oben als zweckmässig bezeichnet wurde, in einem niedrigen Anbau, aber in derselben Höhenlage mit der Giesshalle, aufgeführt, so dass die Trockenwagen, welche die Kerne tragen, aus den Kammern unmittelbar bis an die Säulenreihe vorgeschoben und die Kerne hier von den rechts befindlichen Schlitzkrahnen ergriffen werden können, welche sie unmittelbar darauf in die Gussformen einhängen. Die Trockenkammern sind zur Heizung mit Braunkohlen bestimmt und deshalb mit Röhrenheizung versehen. Die Röhren, durch welchen die heissen Verbrennungsgase hindurchziehen, liegen in Vertiefungen des Bodens [1]).

Ebenfalls in der Höhenlage der Giesshalle befinden sich auf der den Trockenkammern gegenüberliegenden Seite des Gebäudes die beiden Kupolöfen in einem besonderen, an das Hauptgebäude angebauten Kupolofenhause, in welchem auch der von einem Zwischengelege aus angetriebene Gichtaufzug angeordnet ist. Der frei getragene Boden der Kupolöfen ist mit einer Klappe versehen, welche nach Beendigung des Schmelzens geöffnet wird; die im Ofen zurückgebliebenen Koks und Schlacken stürzen dann hinaus und zwar durch eine im Fussboden des Raumes angebrachte Oeffnung hindurch in einen zu ebener Erde angebrachten, von starken Mauern eingefassten Abkühlungsraum, aus welchem sie am folgenden Morgen entfernt werden.

---

[1]) Abbildung dieser Trockenkammern: Fig. 173 auf Seite 56 und 57.

Unmittelbar vor den Oefen sind keine Schlitze für Formkasten angebracht, so dass hier der Raum für die Schmelzer und für den Durchgang frei bleibt. Für die Beförderung der Giesspfannen mit dem geschmolzenen Eisen nach den einzelnen Formkastenreihen dient ein niedriger Wagen, welcher der Längswand des Gebäudes entlang auf Schienen von einem Ende zum anderen läuft; ist er an der betreffenden Formkastenreihe angekommen, so wird die Pfanne von dem darüber befindlichen Krahne ergriffen.

Die Form des Daches ist der früher besprochenen Anordnung der Giesshallen mit zwei Säulenreihen nachgebildet. In der Mitte ist daher eine in der ganzen Längenausdehnung des Gebäudes sich erstreckende „Laterne“ mit zwei Fensterreihen angebracht, welche ebensowohl für die Beleuchtung als für den Luftwechsel bestimmt sind. Eine hölzerne Bühne unter jeder Fensterreihe ermöglicht das Oeffnen, Schliessen und Reinigen der Fenster.

Ein Treppenhaus mit breiter Treppe am Giebel des Gebäudes vermittelt den Verkehr von der Giesshalle nach aussen.

Das Erdgeschoss zerfällt, wie die Abbildung erkennen lässt, in drei Abteilungen. Die rechte Seite des Gebäudes dient zum Aufenthalte für die Arbeiter, welche die hinabhängenden Formkasten bedienen und das Trocknen der Gussformen in der Weise bewirken, wie es die früher gebrachten Abbildungen des Röhrengusses veranschaulichen.

Unterhalb der Kernmacherei befindet sich ein zur Abkühlung der gegossenen Röhren bestimmter Raum, dessen gewölbte Decke durch starke gemauerte Pfeiler getragen wird. Die Röhren werden, sobald sie gegossen und erstarrt sind, mit Hilfe der Krahne aus den Formkasten herausgezogen, nachdem deren Hälften ein wenig auseinander gerückt wurden, und dann sofort durch schachtartige, in dem Fussboden der Kernmacherei angebrachte Oeffnungen, welche eben noch von jenen Krahnen erreichbar sind, in den erwähnten Abkühlungsraum hinabgelassen, um hier von bereit gestellten eisernen Wagen aufgenommen zu werden. Ist die Abkühlung genügend vorgeschritten, so werden sie nun vermittelst dieser Wagen, welche auf Schienen laufen, in den dritten Raum des Erdgeschosses befördert, welcher unterhalb der Trockenkammern befindlich und durch mehrere Thüren mit dem Abkühlungsraum verbunden ist, um hier geputzt zu werden.

Die Dampfmaschine für den Betrieb des Gebläses, der Krahne und Aufbereitungsmaschinen befindet sich in einem Anbau an dem einen Giebel des Gebäudes; daneben in einem zweiten Raume sind die Aufbereitungsmaschinen für Formmaterialien aufgestellt; seitlich von dem Maschinenhause liegt das Kesselhaus.

In dem für die Abkühlung der Röhren bestimmten Raume ist ausserdem in der Nähe der Thür, welche nach dem Lagerplatze für die fertigen Röhren führt, eine Probiermaschine aufgestellt, um die Röhren, wie üblich, unter Wasserdruck auf ihre Dichtigkeit zu prüfen. Die dicht befundenen Röhren werden auf einem Schienengleise hinausgefahren, um in einem Flammofen erwärmt und dann durch Eintauchen in Asphalt mit einem schützenden Asphaltüberzuge versehen zu werden, wie früher beschrieben wurde.

Die beschriebene Röhrengiesserei ist bei vollem Betriebe im stande, mehr als 5000 Tonnen Röhren jährlich zu liefern. Obschon seit ihrer

Anlage ein Vierteljahrhundert verflossen ist, hat man doch die dabei massgebenden Grundsätze auch bei neueren Anlagen im wesentlichen beibehalten und nur die Einrichtung bestimmter Teile der Anlage den Fortschritten der Zeit gemäss vervollkommnet. An Stelle der hölzernen Dachbinder des abgebildeten Gebäudes verwendet man häufiger eiserne, an Stelle der Dampfkrahne elektrisch angetriebene, ebenso für den Gichtaufzug elektrischen Antrieb. Man erlangt dadurch die oben erörterten Vorteile[1]).

II. Stahlgiessereien.

Die Anordnung einer Stahlgiesserei im allgemeinen ist der einer Eisengiesserei sehr ähnlich; Unterschiede sind durch die abweichende Einrichtung der Schmelzöfen bedingt. Ausserdem sind Glühöfen zum Ausglühen der Gussstücke erforderlich (Seite 403).

Man kann aus dem Tiegel, der Bessemerbirne oder dem Martinofen giessen. Die Eigentümlichkeiten dieser Schmelzvorrichtungen und das Schmelzverfahren bei ihrer Benutzung sind im zweiten Abschnitte geschildert worden.

Das Tiegelschmelzen ist das kostspieligste Verfahren und deshalb fast nur dann üblich, wenn der beschränkte Umfang des Betriebes die Anwendung der anderen Verfahren nicht thunlich erscheinen lässt. Daher benutzt man auch zum Schmelzen vorwiegend die mit Koks geheizten, auf Seite 82 beschriebenen Tiegelschachtöfen, in neuerer Zeit mit Vorliebe Piatöfen (Seite 87) oder auch Baumannöfen (Seite 87). Flammöfen mit Siemensfeuerung (Seite 89), welche einen thunlichst ununterbrochenen Betrieb in grösserem Massstabe erheischen, kommen fast nur dann zur Anwendung, wenn man nur einen Teil des in den verschiedenen Tiegeln erzeugten Stahls für die Giesserei, einen andern dagegen für sonstige Zwecke zu benutzen gedenkt.

Da die aus dem Tiegel gegossenen Gegenstände nicht sehr schwer sind und keiner umfänglichen Hebevorrichtungen bedürfen, kann auch die Einrichtung der Giesshalle einfach sein. Ein Gebäude, wie in Fig. 215 auf Seite 411 dargestellt ist, genügt dem Zwecke; unter Umständen kann auch der Laufkrahn durch einen Drehkrahn ersetzt werden. Die Tiegelöfen kommen an einer der Seiten des Gebäudes zu stehen; hinter ihnen muss ein Raum zum Besetzen der Tiegel geschaffen werden, sei es in der Giesshalle selbst oder in einem besonderen Anbau.

Dass zum Schmelzen ganz weichen, kohlenstoffarmen Metalls das Tiegelschmelzen weniger gut als zum Schmelzen eines härteren Stahls (mit 0,3 v. H. Kohlenstoff oder mehr) geeignet sei, wurde früher erwähnt.

Das Martinverfahren setzt, um lohnend zu sein, einen ziemlich umfänglichen Betrieb voraus, da Oefen für geringere Einsätze als 4 t Einsatz allzu ungünstige Betriebsergebnisse liefern würden und ein thunlichst ununterbrochener Betrieb des Martinofens stattfinden muss, wenn er seine Aufgabe befriedigend erfüllen soll. Daher eignet sich das Verfahren vornehmlich für solche Werke, welche viele grössere Gegenstände zu giessen haben; es ist in diesem Falle das billigste, ebenso gut zur

---

[1]) Ueber eine etwas abweichende neuere Anordnung vergleiche „Stahl und Eisen“, 1901, Seite 274.

Erzeugung ganz weichen Metalls als auch härteren Stahls geeignet und aus diesen Gründen das bei weitem üblichste zur Erzeugung des Flusseisens für Formgussdarstellung.

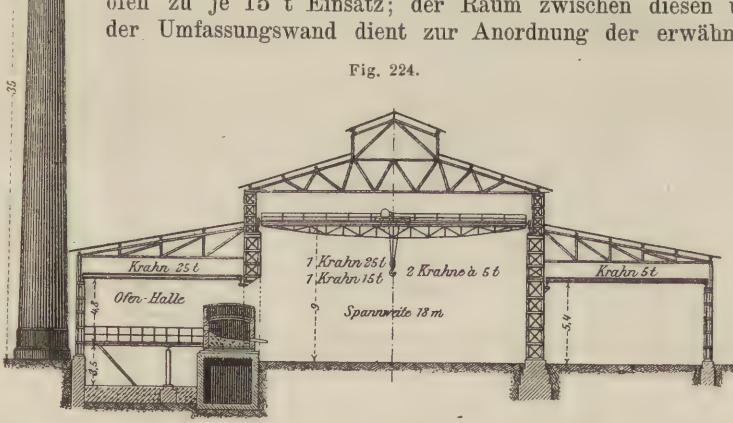
Ein einziger Ofen genügt schon zur Deckung des Bedarfs einer ziemlich grossen Giesserei, sofern dessen Fassungsraum und somit dessen Erzeugungsfähigkeit diesem Bedarfe angepasst ist; nicht selten legt man jedoch zwei oder auch drei Oefen an, um vor Betriebsunterbrechungen gesichert zu sein. Die Oefen kommen parallel zu einer der Umfassungswände des Gebäudes, jedoch in solchem Abstande davon zu stehen, dass zwischen Wand und Ofen Raum für die Anbringung einer Bühne bleibt, von welcher aus das Beschicken des Ofens geschieht, während das Stichloch an der gegenüberliegenden, dem Gebäudeinnern zugekehrten Seite sich befindet. Die Gaserzeuger werden in einen besondern Raum ausserhalb der Giesshalle verlegt und durch einen unter- oder oberirdischen Kanal wird das Gas den Oefen zugeführt.

Für die Wahl der Krahne und die Form der Giesshalle sind ganz ähnliche Rücksichten wie bei der Anlage von Eisengiessereien massgebend.

Da für die Abtrennung der Eingüsse und verlorenen Köpfe an schweren Gussstücken oft eine grössere Zahl kräftiger Werkzeugmaschinen erforderlich ist, muss in grösseren Anlagen neben der eigentlichen Putzerei gewöhnlich eine besondere mechanische Werkstatt zur Aufstellung jener Maschinen eingerichtet werden.

Eine neuerbaute grosse Giesserei dieser Art (Stahlwerk Krieger in Düsseldorf) ist in Fig. 224 bis 226 abgebildet, und zwar ist in Fig. 224 und 225 die Einrichtung der Giesshalle, in Fig. 226 die Anordnung sämtlicher Baulichkeiten der Anlage dargestellt. Wie Fig. 224 erkennen lässt, entspricht der Aufriss des Gebäudes im Wesentlichen den auch bei der Anlage von Eisengiessereien (z. B. der in Fig. 216 und 217 abgebildeten) massgebenden Grundsätzen. Das eine Seitenschiff enthält die drei Martinöfen zu je 15 t Einsatz; der Raum zwischen diesen und der Umfassungswand dient zur Anordnung der erwähnten

Fig. 224.



Bühne. An derselben Seite des Gebäudes liegt ausserhalb in einem Abstande von 24 m das Gebäude für die fünf Gaserzeuger (Fig. 226), welche mit Unterwind betrieben werden. Die Krahne sind sämtlich

Fig. 225.

Kern-
öfen
Kernmacherei
Glüh- u. Trockenofen 5×6m Glühfl.
Schrott- und Roheisen-Lager
Martin-Öfen von je 15t Inhalt
Giesserei
Meisterstube
Zahnrad-Formmaschinen
Schrott-waage
Schrott-aufzug
Rohmaterialien
Giesserei-
Kollergänge
Glüh- u. Trockenofen 5×6m Glühfl.
Glühwagen
Giess-Grube
Motor 35 HP
Pfannenfeuer
Glühofen
Pfannenfeuer
Gebläse
11,5
15
11,5
105

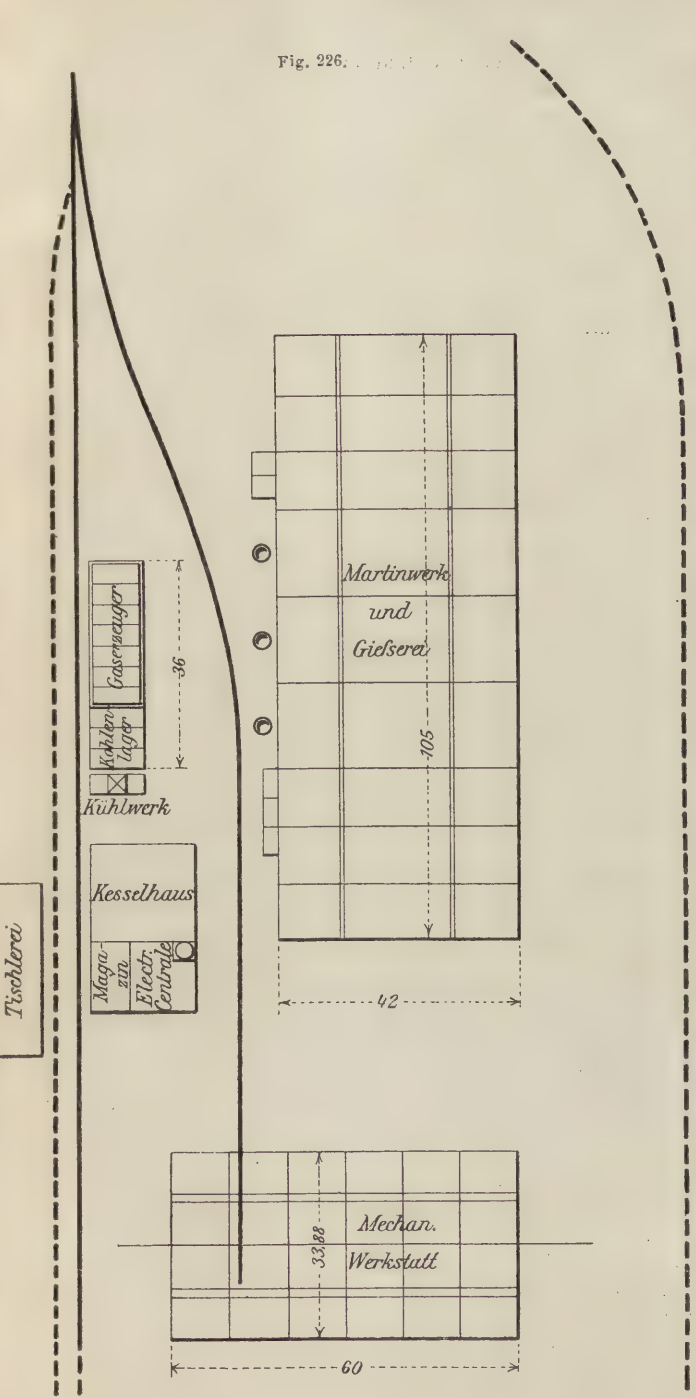


Fig. 226.

elektrisch angetriebene Laufkrahne, und zwar enthält das Mittelschiff zwei Krahne von 5 t, einen Krahn von 15 t und einen von 25 t Tragkraft, das linke Seitenschiff einen Krahn von 2,5 t und das rechte einen von 5 t Tragkraft. Zum Trocknen der Gussformen und Glühen der Gusswaren sind ausser einem kleineren Glühofen und zwei Kerntrockenöfen mit Rostfeuerung zwei grosse Oefen von 6 m Breite und 5 m Länge mit Siemensfeuerung vorhanden. Der Boden jedes dieser Oefen besteht aus einem eisernen Wagen, welcher mit Rollen auf drei Schienen läuft (in Fig. 225 ist vor dem einen

Ofen der herausgefahrene Boden sichtbar). Jeder Ofen ist mit zwei solchen Wagen versehen, so dass der eine ent- und beladen werden kann, während der andere sich im Ofen befindet. Die Tragfähigkeit der Wagen beträgt je 100 t. Das Heizgas wird von denselben Gaserzeugern geliefert, welche auch die Martinöfen versorgen. Ein besonderes Gebäude für die Putzerei ist nicht vorhanden, und das Putzen wird in der Giesshalle selbst ausgeführt; die mechanische Werkstatt (vergleiche Fig. 226) ist durch ein Schienengleis mit der Giesshalle verbunden und mit schweren Werkzeugmaschinen ausgerüstet, welche gruppenweise durch Elektromotoren angetrieben werden. Eine elektrische Zentrale liefert die Betriebskraft für sämtliche Krahne, Gebläse, Aufbereitungs- und Werkzeugmaschinen sowie die Beleuchtung. Sie enthält eine grosse Dynamomaschine von 150 Kilowatt Leistung für den vollen Betrieb, eine mittlere von 75 Kilowatt für den schwächeren Nachtbetrieb und eine kleine von 40 Kilowatt zur Ausbesserung von Fehlstellen in Gussstücken (elektrisches Schweissen, Seite 347).

Das Bessemerverfahren ist, wie schon früher erwähnt wurde, vornehmlich für solche Anlagen geeignet, in welchen hauptsächlich kleinere Gegenstände aus Eisen mit niedrigem Kohlenstoffgehalte gegossen werden sollen und die Tageserzeugung nicht jenes Mass erreicht, welches für eine erfolgreiche Benutzung des Martinverfahrens notwendig ist. Man kann die Erzeugung einer Bessemerei mit kleinen Birnen dem Bedarfe leicht anpassen und die Betriebszeit täglich auf einige Stunden beschränken. Die Erzeugungskosten des flüssigen Metalls sind höher als die des Martinmetalls bei vollem Betriebe des Ofens. Man stellt eine oder besser zwei Birnen in solchem Abstande von der Umfassungswand des Ofens auf, dass dazwischen noch Raum für die Kupolöfen bleibt. Letztere kommen gewöhnlich auf erhöhter Bühne zu stehen, so dass man das aus ihrem Stichloche ausfliessende Metall durch eine Rinne unmittelbar den Birnen zuführen kann. Hinter den Kupolöfen oder seitlich davon befindet sich die Maschinenstube mit den Gebläsen für die Kupolöfen und Birnen. Die Anordnung der Giesshalle und aller Nebenwerkstätten kann nach denselben Grundsätzen wie die der Eisengiessereien getroffen werden.

Litteratur über Anlage von Eisen- und Stahlgiessereien.

Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses, 1892, Seite 194 (Eisengiessereien).

„Stahl und Eisen", 1898, Seite 67 mit Tafel III; Seite 461 (Eisengiessereien).

„Stahl und Eisen", 1899, Seite 1003 (Stahlgiesserei).

„Stahl und Eisen", 1900, Seite 1181 (Stahlwerk Krieger).

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1899, Seite 444, 1192 (Eisengiessereien).

Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1886, Seite 111 (Röhrengiesserei zu Gleiwitz).

Correspondenz des Vereins deutscher Eisengiessereien vom 15. Nov. 1898, Seite 15 (Eisengiesserei).

C. Rott, Die Kleinbessemerei, Leipzig 1900 (mit Abbildung einer Stahlgiesserei mit Bessemerbetrieb).

Achter Abschnitt.

Buchführung, Löhne und Selbstkostenrechnung.

Allgemeine Grundsätze.

Als Unterlagen für die gesamte Buchführung können folgende Bücher dienen:

1. Das Tagebuch (Schichtenbuch) des Platzmeisters (Aufsehers, Hofinspektors, Schichtenmeisters). In diesem werden die von den einzelnen Platzarbeitern geleisteten Schichten oder Stunden und zugleich in übersichtlicher Weise die Art der Arbeiten, welche während einer bestimmten Zeit ausgeführt wurden, vermerkt. Am einfachsten wird sich die Uebersichtlichkeit erreichen lassen, wenn man für jeden einzelnen Arbeiter eine besondere Seite des Buches einrichtet, welche so viele wagerechte Spalten enthält als jeder Löhnungsabschnitt Tage, und in senkrechten Spalten die verschiedenen geleisteten Arbeiten der Reihe nach aufführt. Waren einzelne der Arbeiten im Gedinge vergeben, so wird die darauf verwendete Zeit eingeklammert oder in einer anderen Weise kenntlich gemacht. In den letzten beiden senkrechten Spalten folgen die Summen der sowohl in Zeitlohn als in Gedinge zurückgelegten Arbeitszeiten, und entweder in einem besonderen Gedingebuche oder auch in einer besonderen Spalte auf der nämlichen Seite des Tagebuches werden die verdungenen Arbeiten aufgeschrieben, auch die Verteilung des Lohns bemerkt, falls mehrere Arbeiter bei derselben Arbeit beteiligt waren, z. B.

Wilhelm Fischer
Stundenlohn 25 Pfge.

Datum März	Roheisen abladen und aufstapeln	Koks abladen und in den Schuppen fahren	Steinkohlen abladen und in den Schuppen fahren	Hilfe beim Verladen	Reinigung des Platzes	Summe der Stunden im Lohn	Summe der Stunden im Gedinge	Gedingearbeiten	M.	Pf.
	Stunden									
1	(10)	—	—	—	—	—	10	100 Tonnen Roheisen		
2	—	5	—	—	5	10	—	abzuladen und aufzusta-		
3	—	—	—	—	6	6	—	peln zu 12 Pfge. — 12 Mk.		
4	(6)	6	—	—	—	6	6	— Pfge. Hiervon bekommt		
6	(8)	4	—	—	—	4	8	Wilh. Fischer	7	20
7	(4)	—	—	4	2	6	4	Aug. Fleischer	4	80
								Mk. 12.—		

u. s. w.

Ist bei dem Werke Markenkontrolle (am Ein- und Ausgange) eingeführt, so wird das Buch des Pförtners benutzt, um die Richtigkeit der vermerkten Stunden zu vergleichen.

Die Zusammenzählung ergibt am Lohnungsschlusse die Gesamtsumme der zu lohnenden Stunden, die Summen in den senkrechten Spalten aber geben später dem Buchhalter das Mittel, die stattgehabten Ausgaben auf die einzelnen Zweige des Betriebes zu verteilen.

Da gewisse Arbeiten immer wiederkehren, ist es zweckmässig, für das Tagebuch Formulare mit vorgedruckten Spaltenköpfen und noch einigen Spalten mit leerem Kopfe drucken zu lassen, um dem Platzmeister die Arbeit zu erleichtern. Die Eintragungen müssen täglich bewirkt werden, damit nicht durch Vergesslichkeit irrige Angaben entstehen.

2. Die Tagebücher der Tischlerei und Schlosserei. Sie werden in ähnlicher Weise wie das Tagebuch des Platzmeisters geführt und müssen wie dieses einen übersichtlichen Nachweis über die von jedem Arbeiter in der betreffenden Werkstatt bei der Arbeit zugebrachte Zeit sowie über die Art der Arbeiten, auf welche diese Zeit verwendet worden ist, und über etwaige Gedinge-Arbeiten enthalten.

3. Die Arbeitsbücher der Tischlerei und Schlosserei. In diesen werden der Reihe nach die einzelnen ausgeführten Arbeiten, bei jeder einzelnen die für die Ausführung gezahlten Schicht- und Gedingelöhne und der stattgehabte Materialverbrauch vermerkt. Insbesondere ist es wichtig, dass ausser den Löhnen der Holzverbrauch in der Tischlerei für diesen oder jenen Zweck (einschliesslich der entstehenden Abfälle) und in der Schlosserei der Metallverbrauch (Eisen, Stahl, Kupfer etc.) richtig gebucht werde, weil ohne die betreffende Angabe eine Kostenberechnung der gefertigten Gegenstände oder ausgeführten Arbeiten unmöglich sein würde. Die Löhne werden aus den unter 2. erwähnten Tagebüchern ausgezogen.

4. Das Gedingebuch des Formermeisters, welches die vereinbarten Lohnsätze für die Gedingearbeiten der Former enthält.

5. Das Tagebuch der Formerei und Giesserei. Es enthält teils die Vermerke über die Arbeitszeit der einzelnen in Gruppen beschäftigten Former, an welche der gemeinschaftlich verdiente Lohn zu verteilen ist, teils die Angaben über diejenigen Arbeiten, welche nicht im Gedinge, sondern in Schichtenlohn ausgeführt wurden, und über die hierauf entfallenden Löhne. Die zuerst erwähnten Vermerke können in grossen Giessereien von dem Vorarbeiter jeder Gruppe geführt und bei Lohnschluss eingereicht werden; das Tagebuch für eigentliche Schichtenlöhne kann ähnlich wie für die Löhne der Platzarbeiter, Tischler und Schlosser eingerichtet sein.

6. Das Abwägebuch oder Tagebuch des Wagemeisters. In diesem für die gesamte Betriebsleitung überaus wichtigen Buche wird vermerkt:

a) Das Gewicht und die nähere Bezeichnung jedes einzelnen, gut befundenen und zur Abwage gebrachten Gussstücks. Bilden mehrere Gussstücke zusammen einen im ganzen verkäuflichen Gegenstand (z. B.

bei Stubenöfen), so pflegt man sie, sofern nicht besondere Gründe dagegen sprechen, in einer Summe aufzuführen.

b) Den Namen des Formers, welcher den betreffenden Abguss gefertigt hat, oder des Vorarbeiters einer Gruppe von Formern, welche gemeinschaftlich arbeiteten.

c) Die Angabe, ob der Gegenstand für den Verkauf, für das Inventar (z. B. Formkasten) oder für den Verbrauch (Kerneisen, Ziehplatten u. s. w.) bestimmt ist. Die Einteilung lässt sich am übersichtlichsten bewirken, wenn das ganze Buch in einzelne Abteilungen, wie soeben angedeutet wurde, zerlegt wird und in jede derselben die betreffenden Gusswaren eingeschrieben werden.

d) Zweckmässig ist auch ein Vermerk, ob Herdguss, Kastenguss in Sand, Kastenguss in Masse oder Lehmguss vorliegt. Ohne Schwierigkeit lässt sich eine derartige Buchung bewirken, wenn man vier senkrechte Spalten einrichtet, deren jede eine der betreffenden Gusswarengattungen enthält; z. B.

Datum	Gusswaren für den Verkauf	Herdguss	Kastenguss in Sand	Kastenguss in Masse	Lehmguss	Summe	Name des Formers
		kg	kg	kg	kg	kg	
4/3.	1 Füllregulierofen Nr. 15	—	145	—	—	145	Lehmann & Genossen
	1 Kochröhre für Opitz und Komp.	24	—	—	—	24	Pfeiffer
		—	5	—	—	5	Kirst
6/3.	20 Stück Säulen, städt. Gasanstalt	—	2453	—	—	2453	Friedrich & Genossen
	1 Stück Walze, hies. Kupferwalzwerk .	—	—	2653	—	2653	Schulze & Genossen
	1 Stück Reinigungskasten, städt. Gasanstalt . . .	—	—	—	328	328	Richter & Genossen

u. s. f.

Ob das Abwägebuch sogleich bei der Abwage selbst in der beschriebenen Weise geführt wird oder ob es zweckmässiger ist, zunächst in einem Handbuche sämtliche abgewogenen Gegenstände der Reihe nach ohne besondere Einteilung und nur mit den betreffenden Vermerken versehen aufzuführen und dann in jenes Hauptbuch in geordneter Verteilung zu übertragen, muss von dem Umfange des Betriebes, von den zur Verfügung stehenden Arbeitskräften und von der Veranlagung des betreffenden Wagemeisters abhängig sein. In den meisten Fällen dürfte das letztere Verfahren, obschon scheinbar umständlicher, doch das geeignetere sein.

Selbstverständlich konnten in vorstehendem nur die Hauptzüge für die Einrichtung und Führung der Bücher, welche die Unterlagen

der Betriebsbuchführung bilden, entworfen werden. Oertliche Verhältnisse können hier und da Abweichungen notwendig erscheinen lassen; insbesondere wird es nicht selten als zweckmässig sich herausstellen, noch Erweiterungen in der Zahl der Spalten der einzelnen Bücher vorzunehmen. In jedem Falle aber bilden jene Bücher die eigentliche Grundlage, auf der nicht allein die ganze Lohnberechnung, sondern auch die Selbstkostenrechnung der Verkaufswaren und die Veranschlagung der Selbstkostenpreise vor der Anfertigung beruht. Es folgt hieraus, wie wichtig es ist, für die Stellen des Formermeisters, Platzmeisters, Tischlermeisters u. s. w. Männer zu wählen, welche nicht allein die nötige Erfahrung in ihrem Berufe besitzen, sondern welche auch zuverlässig in ihren Angaben, geübt in schriftlichen Arbeiten und ordnungsliebend hinsichtlich der Regelmässigkeit der zu bewirkenden Einträge in die Bücher sind.

Die Materialienrechnung.

Ueber die Materialienrechnung der Tischlerei und Schlosserei wurde bereits in vorstehendem einiges mitgeteilt. Alle diejenigen Materialien, welche nur für den Bedarf jener Werkstätten angeschafft werden, kann man in den meisten Fällen ihnen beim Ankaufe sofort überweisen und den Betrag ihnen im Kontobuche zur Last schreiben.

Solche Materialien dagegen, welche gemeinschaftlich für mehrere Betriebszweige angeschafft werden — Heizstoffe, Oel, Farben, Spiritus und viele andere — kommen in ein gemeinschaftliches Magazin, dessen Verwalter durch Buchung Rechenschaft darüber abzulegen hat, wie der Verbrauch sich auf die einzelnen Werkstätten verteilt.

Besonders wichtig aber ist die sorgfältige Buchung über Einnahme und Ausgabe der verschiedenen Roheisensorten und der Schmelzkoks. Da das Roheisen, sowie es angeliefert wird, in einzelne Posten von 10 Tonnen aufgestapelt zu werden pflegt, ist die Buchführung und Abrechnung leicht. Man übergibt einen Roheisenhaufen nach dem andern, wie es der Verbrauch notwendig macht, den Schmelzern; bei Schluss eines Betriebsabschnittes, z. B. eines Monats, wird der von diesem oder jenem Haufen etwa übriggebliebene Vorrat zurückgewogen, und der Gewichtsunterschied ergibt den stattgehabten Verbrauch. Zieht man den Verbrauch von dem vorhanden gewesenen Vorrate nebst dem im Laufe des Monats stattgehabten Zugange ab, so erhält man den gebliebenen Vorrat und kann leicht durch Zählung der vorhandenen Roheisenhaufen die Richtigkeit der Rechnung prüfen (siehe nebenstehende Tabelle).

In ähnlicher Weise bucht man die Einnahme und Ausgabe der Schmelzkoks. Da es nicht thunlich ist, diese, wie das Roheisen, von vornherein in bestimmte Haufwerke von 5 oder 10 Tonnen abzuteilen und diese Haufen einzeln an die Kupolöfen abzugeben, wägt oder misst man die für den ein- oder zweitägigen Bedarf erforderliche Menge jedesmal ab und überweist sie den Kupolöfen. Nun lehrt aber die Erfahrung, dass auch bei sorfältigster Wägung stets ein Fehlbetrag in den Vorräten sich ergibt wegen des Umstandes, dass ein Teil der

Zu Seite 446.

Roheisenrechnung

Einnahme.

Datum		Main-Weserhütte Nr. I. t	Main-Weserhütte Nr. I. kg	Englisch Giessereiroheisen t	Englisch Giessereiroheisen kg	Alteisen t	Alteisen kg	Holzkohlenroheisen von Zorge t	Holzkohlenroheisen von Zorge kg	Summe t	Summe kg
1	Vorrat vom Februar	50	136	96	25	1	25	10	223	157	409
6	Von Elkan & Ko. lt. Frachtbrief von 28. Febr. . .	—	—	10	—	—	—	—	—	10	—
7	Gekauft von M. Fischer .	—	—	—	—	3	210	—	—	3	210
7	Von Main-Weserhütte, Frachtbrief vom 4. d. .	20	—	—	—	—	—	—	—	20	—
8	Von Elkan & Ko., laut Frachtbr. vom 4. d. .	—	—	20	—	—	—	—	—	20	—
11	Von Main-Weserhütte, Frachtbr. vom 6. d. .	20	—	—	—	—	—	—	—	20	—
15	Ebendaher, Frachtbr. vom 11. d.	20	—	—	—	—	—	—	—	20	—
18	Aus dem Inventar (alte Formkasten)	—	—	—	—	1	545	—	—	1	545
20	Von Main-Weserhütte, Frachtbr. vom 15. d. .	20	—	—	—	—	—	—	—	20	—
20	Von Elkan & Ko., Frachtbrief v. 14. d.	—	—	10	—	—	—	—	—	10	—
23	Von Main-Weserhütte, Frachtbr. vom. 18. d. .	20	—	—	—	—	—	—	—	20	—
31	Ebendaher	10	—	—	—	—	—	—	—	10	—
	Summa	160	136	136	025	5	780	10	223	312	164
	Verbrauch	60	056	61	393	5	780	—	—	127	229
	Bleibt Vorrat am 1. April	100	080	74	632	—	—	10	223	184	935

im März 1901.

Ausgabe.

Datum		Main-Weserhütte Nr. I t	Main-Weserhütte Nr. I kg	Englisch Giessereiroheisen t	Englisch Giessereiroheisen kg	Alteisen t	Alteisen kg	Holzkohlenroheisen von Zorge t	Holzkohlenroheisen von Zorge kg	Summe t	Summe kg
1	An die Kupolöfen abgegeben	10	136	6	025	1	025	—	—	17	186
4	Desgl.	—	—	10	—	—	—	—	—	10	—
6	Desgl.	10	—	10	—	—	—	—	—	20	—
7	Desgl.	—	—	—	—	3	210	—	—	3	210
13	Desgl.	10	—	—	—	—	—	—	—	10	—
14	Desgl.	—	—	10	—	—	—	—	—	10	—
16	Desgl.	—	—	10	—	—	—	—	—	10	—
18	Desgl.	—	—	—	—	1	545	—	—	1	545
21	Desgl.	10	—	—	—	—	—	—	—	10	—
24	Desgl.	—	—	10	—	—	—	—	—	10	—
27	Desgl.	10	—	10	—	—	—	—	—	20	—
31	Desgl.	10	—	—	—	—	—	—	—	10	—
	Summa	60	136	66	025	5	780	—	—	131	941
	In den Vorrat zurückgewogen	—	080	4	632	—	—	—	—	4	712
	Reiner Verbrauch	60	056	61	393	5	780	—	—	127	229

Koks durch Verkrümelung verloren geht. Die Höhe dieses Verlustes schwankt nach der Beschaffenheit der Koks und der Art und Weise ihrer Lagerung zwischen 5 bis 10 v. H. ihres Gewichts, bleibt aber auf demselben Werke, so lange man die nämliche Kokssorte verarbeitet, annähernd unverändert. Man hat also durch Erfahrung dieses Verhältnis festzustellen, indem man einen grösseren Vorrat aufarbeitet und dessen ursprüngliches Gewicht mit dem beim Verbrauche gefundenen Gewichte vergleicht. Man fügt nun bei jedem Monatsschlusse dem durch die stattgehabte Ausgabe sich ergebenden Koksverbrauche diesen Verlust hinzu und erhält hierdurch denjenigen Verbrauch, der für die Selbstkostenrechnung des geschmolzenen Roheisens in Betracht kommt. Immerhin empfiehlt es sich, das Abstürzen der Koks in solcher Weise bewirken zu lassen, dass man zwei getrennte Haufen erhält, deren Gewicht bekannt ist. Während die ankommenden Koks auf den einen Haufen gestürzt werden, lässt man den anderen erst vollständig aufarbeiten und ist dann im stande, sich über den wirklich stattgehabten Verlust genaue Rechenschaft zu geben.

Aehnlich wie in Eisengiessereien kann in Martinschmelzereien die Materialienrechnung geführt werden. Man pflegt hier schmiedbares Alteisen nebst Roheisen zu verarbeiten. Statt der Koks der Eisengiessereien kommen Steinkohlen oder Braunkohlen in Rechnung.

Bei den Tiegelstahlschmelzereien treten verschiedene Stahlsorten an Stelle des Roh- und Alteisens. Man pflegt sie ihres hohen Preises halber unter Verschluss zu halten; ihr Gesamtverbrauch ist geringer und die Abrechnung wird dadurch erleichtert.

Die Schmelzbücher.

Die Gewichtsmengen der bei den Schmelzöfen täglich verbrauchten Stoffe und der erfolgten Gusswaren werden in ein besonderes Buch, das Schmelzbuch, eingetragen. In bestimmten Zeitabschnitten, gewöhnlich allmonatlich und alljährlich, zieht man die Summen und berechnet daraus die durchschnittlichen Betriebsergebnisse im Monat und im Jahre.

Die beim Schmelzen entstehenden Abfälle (Trichter, Eingüsse, Pfannenschalen, Ausschussstücke) pflegt man am folgenden Tage dem Schmelzofen jedesmal wieder zum erneuten Einschmelzen zu überweisen; in der Gesamtsumme des Verbrauchs erscheint nur dasjenige Roheisen und Alteisen (Stahl), welches den Oefen aus den Vorräten laut Materialienrechnung geliefert worden war. Der Brennstoffverbrauch und der Abbrand auf 1000 kg Gussware muss also um so höher ausfallen, je grösser jene Menge der wiedereinzuschmelzenden Abfälle war; in Giessereien, welche kleine Gusswaren fertigen, durchschnittlich höher als in solchen, welche schwerere Stücke liefern. Empfehlenswert ist es jedoch, auch den wirklich stattgehabten Eisensatz auf eine Gicht oder einen Einsatz zu vermerken und hieraus die Menge des eingeschmolzenen (abweichend von der Menge des verbrauchten) Eisens zu berechnen. Den Anhalt hierfür gibt beim Kupolofenschmelzen die von den Schmelzern geführte Gichtentafel, auf welcher von dem Betriebsleiter das Gewicht und die Zusammensetzung der einzelnen Gichten aus

den verschiedenen Roheisensorten, von den Aufgebern die Anzahl der gesetzten Gichten durch Striche, welche in übersichtlicher Weise geordnet sind, vermerkt werden. Man erhält dadurch, wenn man die Gesamtmenge des gesetzten Roheisens gegenüber dem stattgehabten Koksverbrauche ermittelt, ein Bild, wie viel Roheisen eine bestimmte Gewichtsmenge (100 oder 1000 kg) Koks zu tragen vermag, und ausserdem eine Uebersicht, wie sich das Verhältnis zwischen Gusswaren und Abfallstücken in dem betreffenden Zeitraume gestellt hat. In ähnlicher Weise verzeichnet man beim Martin- und Tiegelschmelzen die Zahl und Zusammensetzung der verarbeiteten Einsätze.

Werden dagegen einzelne Abfallstücke nicht sofort wieder eingeschmolzen, sondern vielleicht in einem anderen Ofen später zu gute gemacht, so werden sie in der Materialienrechnung als Alteisen in den Vorräten vereinnahmt, um später unter Angabe der Verwendung wieder abgesetzt zu werden. Dieser Fall kann z. B. vorkommen, wenn starke verlorene Köpfe aus den Kupolöfen bei einer späteren Gelegenheit im Flammofen wieder eingeschmolzen werden sollen.

Den Verbrauch an Koks (Steinkohlen beim Flammofen- und Martinschmelzen) ergibt die Materialienrechnung.

Der Verbrauch an Feuerungsmaterial zum Anheizen der Kupolöfen (Holz, Torf) pflegt für jedes Schmelzen derselbe zu sein, so dass die Anzahl der Schmelzen hierüber Rechenschaft gibt. Uebrigens kann man denselben auch täglich auf der Gichtentafel vermerken lassen.

Den erforderlichen Kalkstein kann man ähnlich wie Koks und Roheisen den Oefen in grösseren Mengen vorstürzen lassen und dann monatlich den Verbrauch ermitteln.

Die Menge des erfolgten Gusswerks ergibt sich aus dem Buche des Magazinverwalters oder Wagemeisters.

Ein Beispiel für eine derartige Abrechnung beim Kupolofenschmelzen gibt die beigeheftete Tabelle.

Die Löhne und Lohnlisten.

Die Löhne und Lohnlisten der Schlosserei, der Tischlerei, der Platzarbeiter, Anstreicher u. s. w. bieten wenig bemerkenswertes. Das Schichtenlohn bildet hier zwar die Regel, jeder umsichtige Meister wird jedoch bemüht sein, soviel als thunlich durch Abschluss von angemessenen Stücklöhnen für einzelne Arbeiten den Eifer seiner Leute anzuspornen zum Besten des Werks und zum Besten der Arbeiter. Die Aufstellung der Lohnlisten, welche auf Grund der vom Meister geführten Tagebücher erfolgt, ist dann ziemlich einfach.

Weniger einfach als in den genannten Werkstätten sind die Lohnverhältnisse der Giesserei. Hier ist das Gedingelohn die Regel, und nur in einzelnen Ausnahmen, z. B. bei versuchsweise ausgeführten Arbeiten, wird den Formern Schichtenlohn gezahlt. Die Former bekommen nur die abgelieferten und gut befundenen Gegenstände bezahlt, während die sogenannten Wrackgüsse unbezahlt zum Schmelzofen zurückwandern. Diese Einrichtung ist zweifellos die einzig richtige, wenn auch nicht zu verkennen ist, dass bisweilen ein Misslingen des Gusses ohne Verschulden des Arbeiters eintreten kann. Jeder Be-

Kupolofenschmelzen

Datum		Anzahl der Gichten von je 20 kg Koks (ohne die Füllkoks)	Verbrauchte Materialien. Satz auf 1 Gicht: Main-Weserhütte	Englisch	Holzkohlen-Roheisen	Alt- und Brucheisen	Zusammen auf 1 Gicht	Summe des aufgegebenen Roheisens		Verbrauchtes Roheisen laut Materialienrechnung		Koksverbrauch laut Materialienrechnung		Torf zum Anheizen	Kalkstein
			kg	kg	kg	kg	kg	t	kg	t	kg	t	kg	Stück	kg
1		20	100	150	—	50	300	6	000					150	
2		17	100	150	—	50	300	5	100					150	
3		19	100	150	—	50	300	5	700					150	
4		18	100	150	—	50	300	7	200					150	
		6	200	—	—	100	300								
6		21	100	150	—	50	300	6	300					150	
7		16	150	100	—	50	300	4	800					150	
8		17	150	100	—	50	300	5	100					150	
9		22	150	100	—	50	300	6	600					150	
10		20	150	100	—	50	300	6	000					150	
11		20	150	100	—	50	300	6	000					150	
13		17	150	100	—	50	300	5	100					150	
14		19	125	125	—	50	300	5	700					150	
15		17	125	125	—	50	300	5	100					150	
16		18	125	125	—	50	300	5	400					150	
17		23	125	125	—	50	300	6	900					150	
18		21	125	125	—	50	300	6	300					150	
20		18	125	125	—	50	300	5	400					150	
21		18	125	125	—	50	300	5	400					150	
22		20	125	125	—	50	300	6	000					150	
23		18	125	125	—	50	300	5	400					150	
24		17	125	125	—	50	300	5	100					150	
25		19	125	125	—	50	300	5	700					150	
27		22	125	125	—	50	300	6	600					150	
28		15	125	125	—	50	300	4	500					150	
29		18	125	125	—	50	300	5	400					150	
30		21	125	125	—	50	300	6	300					150	
31		—	—	—	—	—	—	—	—					—	
	Zusammen	497	—	—	—	—	—	149	100	121	229	16	100	390	4800

im Monat März 1900.

Erfolgtes Gusswerk								Bemerkungen	Betriebsergebnisse
Gusswaren zum Verkauf		Inventarstücke		Für eigenen Bedarf (Kerneisen, Ziehplatten etc.)		Summe Gusswerk			
t	kg	t	kg	t	kg	t	kg		
								den 31. wegen Ausbesserung des Gebläses Stillstand	Zum Schmelzen von 1000 kg Roheisen sind 108 kg Koks verbraucht. Zur Darstellung von 1000 kg Gusswaren sind 1079 kg Roheisen aus den Vorräten, 143 kg Koks, 34 Stück Torf, 42 kg Kalkstein verbraucht worden.
109	534	2	007	—	715	112	256		

teiligte wird aber bei dieser Einrichtung sein Augenmerk sorgfältig auf alle die Umstände gerichtet halten, welche ein Misslingen herbeiführen könnten, und nur hierdurch ist es möglich, die Entstehung von Ausschussstücken auf ein möglichst kleines Mass zu beschränken, ganz abgesehen davon, dass, wie bei jeder Gedingearbeit, auch hier die quantitative Leistung des Einzelnen sich steigert.

Die Herstellung der Gusswaren wird teils nach Gewicht, teils nach Stück verdungen. Die Kerne werden von den Kernmachern für sich gefertigt und entweder einzeln oder auch nach Massgabe eines bestimmten Anteils vom Formerlohne bezahlt. Werden sehr viel verschiedene Kerne gebraucht, so lässt man die Kernmacher auch wohl in Schichtenlohn arbeiten, welches Verfahren jedoch soviel als irgend thunlich vermieden werden sollte, da es nicht allein die Anteilnahme der Kernmacher an dem Gelingen der Arbeit abschwächt, sondern auch die Selbstkostenberechnung einzelner Gussstücke erschwert.

Die Löhne der Putzer werden stets unabhängig von denen der Former, jedoch ebenfalls im Gedinge nach dem Gewichte der abgelieferten Gusswaren berechnet.

Obschon die grosse Mannigfaltigkeit der Gusswaren die Bemessung richtiger Gedingelöhne etwas erschwert, hat man doch in den meisten Giessereien durch langjährige Erfahrung gewisse Gruppen von Gusswaren zusammengestellt, deren Anfertigung annähernd denselben Arbeitsaufwand erheischt, und welche demnach mit den gleichen Lohnsätzen bezahlt werden, so dass in Wirklichkeit jene Schwierigkeiten geringer sind, als sie auf den ersten Blick vielleicht zu sein scheinen. Wo jahrein, jahraus die nämlichen Gusswarengattungen gefertigt werden, z. B. Oefen, Röhren, Teile für dieselben Maschinen u. a. m., vereinfacht sich natürlich die Arbeit des Verdingens und später der Lohnrechnung ganz erheblich.

Auch für eine und dieselbe Gattung von Gusswaren sind in verschiedenen Giessereien und verschiedenen Gegenden die Lohnsätze nicht immer dieselben. Sie werden beeinflusst teils durch die Lohnverhältnisse einer bestimmten Gegend überhaupt, welche zum Teil von den Wohnungs- und Lebensmittelpreisen daselbst abhängig sind, teils von den mehr oder minder zweckmässigen Einrichtungen, welche seitens der Verwaltung der Giesserei für die Durchführung der Arbeiten getroffen sind. Der zuerst genannte Einfluss ist jedoch nicht ganz so bedeutend als man häufig annimmt. Nicht selten kann man die Beobachtung machen, dass in Gegenden, wo die Arbeiter das doppelte Lohn verdienen, auch ihre Leistungsfähigkeit, ihre Ausdauer und ihre Fertigkeit annähernd in demselben Verhältnisse grösser sind als in anderen, und die Gedingesätze nur wenig Unterschied zeigen. Anders ist es hinsichtlich der Abweichungen in den Gedingesätzen, welche durch die Verschiedenheit der für das Formen getroffenen Einrichtungen bedingt sind. Zwar lassen sich für einen einzelnen Guss nicht auch besondere Werkzeuge und Geräte, z. B. Formkasten, beschaffen, deren Kosten oft den für den Abguss bezahlten Preis übersteigen würden; wohl aber ist jene Anschaffung möglich, wenn sich die Kosten auf viele gleiche Abgüsse verteilen, und die zu zahlenden Formerlöhne verringern sich alsdann. Ein zu grosser Formkasten macht das Einstampfen einer

grösseren Menge Formsand notwendig, und erhöht dadurch nicht nur den Formsandverbrauch, sondern auch das erforderliche Lohn und somit in doppelter Hinsicht die Herstellungskosten; ein Formkasten, dessen Teile mangelhaft aufeinander passen, erheischt eine grössere Sorgfalt beim Auseinandernehmen und Zusammensetzen und verteuert dadurch das billigerweise zu zahlende Lohn; ein Modell, welches sich schlecht aushebt, veranlasst Beschädigungen und zeitraubende Ausbesserungen der Gussform und macht es ebenfalls notwendig, den Gedingesatz für den Former diesen Verhältnissen entsprechend zu erhöhen. Auch noch aus anderen Gründen können die Lohnsätze, wenn eine grössere Zahl gleicher Abgüsse gefertigt werden, niedriger bemessen werden, als wenn nur eine geringe Stückzahl erforderlich ist. Der Zeitaufwand für gewisse Vorbereitungen, die für jede neu zu fertigende Gattung von Abgüssen notwendig sind (Aussuchen passender Formkasten, Einsetzen der Scheidewände u. s. w.), verteilt sich auf die grössere Anzahl der Gussstücke, und die Fertigkeit des Arbeiters wächst durch die längere Uebung. Besonders letzterer Umstand ist nicht zu unterschätzen und trägt zum nicht geringen Teile dazu bei, dass in einzelnen Giessereien, wo die nämlichen Gegenstände massenhaft gefertigt werden, die dafür gezahlten Löhne oft nicht halb so hoch sind, als in anderen, wo man nur wenige Abgüsse von dem nämlichen Modelle zu liefern hat. Unter den Einrichtungen aber, durch welche die Arbeit abgekürzt werden kann, nehmen bei Massenanfertigung zweckmässig eingerichtete Formmaschinen den ersten Rang ein, und bei ihrer Anwendung kann die Höhe der Lohnsätze oft auf einen kleinen Bruchteil von denjenigen beschränkt werden, welche man bei Anfertigung einzelner Stücke durch Handarbeit zu zahlen haben würde.

Löhne für Stahlguss sind durchgängig um 30 bis 50 v. H. höher als für Eisenguss. Nicht allein ist die Herstellung der Gussformen wegen des unvermeidlichen Trocknens zeitraubender, sondern es kommt hierbei auch wesentlich in Betracht, dass der entfallende Ausschuss bei Stahlgüssen durchschnittlich höher sich beziffert als bei Eisengüssen.

Die Löhne der Putzer werden bisweilen nach einem einheitlichen Satze für 1000 kg überhaupt gefertigter Gusswaren berechnet, und dieses Verfahren ist jedenfalls am einfachsten, wo keine erheblichen Schwankungen in der Beschaffenheit der Gusswaren stattfinden, oder wo gar auschliesslich bestimmte Einzelgattungen gefertigt werden. Es wird in diesem Falle nicht schwer halten, ein angemessenes Durchschnittslohn, welches nach der Beschaffenheit der in der betreffenden Giesserei gefertigten Gusswaren von 3,00 bis 8,00 Mark für 1000 kg Guss schwanken wird, auszumitteln. Das Putzerlohn für Stahlguss ist durchschnittlich höher als für Eisenguss. Die Bearbeitung mit Meissel und Feile ist bei ersterem zeitraubender; auch das Verhältnis der Ausschussstücke, welche als solche erst erkannt werden, nachdem bereits Arbeit auf das Putzen verwendet wurde, ist grösser. Massgebend für die Höhe der Putzerlöhne ist auch der Umstand, ob die Arbeit lediglich von Hand geschieht, oder ob und in welchem Umfange Maschinen dafür vorhanden sind. Bisweilen teilt man auch die gesamten Gusswaren in wenige grössere Gruppen mit bestimmten Einheitssätzen; z. B.

Putzerlohn für Röhren (in Röhrengiessereien);
„ „ Herdguss;
„ „ Oefen und Zierguss;
„ „ Maschinenteile aller Art.

In noch anderen Giessereien bemisst man das Putzerlohn nach einem bestimmten Verhältnisse von dem Lohne der Former in der richtigen Voraussetzung, dass wenigstens im allgemeinen die für das Putzen aufzuwendende Arbeit mit der Arbeit des Einformens gleichmässig zu- und abnimmt. Man wird durchschnittlich 30 Hundertteile des Formerlohnes als Putzerlohn zu rechnen haben; ist man durch zweckmässige Einrichtungen in der Formerei bei Massenerzeugung (z. B. in der Röhrengiesserei) in der Lage, mit niedrigen Formerlöhnen auszukommen, so kann sich jenes Verhältnis der Putzerlöhne zu den Formerlöhnen entsprechend erhöhen und auf 40 bis 45 v. H. steigen; im entgegengesetzten Falle, insbesondere auch dann, wenn viele kleine Gegenstände gefertigt werden, die ein hohes Formerlohn erheischen, sich jedoch in Scheuertrommeln oder Sandstrahlgebläsen rasch putzen lassen (Kunstgussgegenstände u. dergl.), kann das Putzerlohn bis auf 10 v. H. des Formerlohnes oder noch darunter sinken.

In der Formerei pflegen einzelne Gruppen von 3 bis 8 Arbeitern oder noch mehr gemeinschaftlich zu arbeiten und das verdiente Lohn entweder nach freier Vereinbarung oder nach Bestimmung der Werksverwaltung gemäss dem Grade der erlangten Fertigkeit des Einzelnen zu teilen. Notwendig ist diese Einrichtung stets dann, wenn die Herstellung bestimmter Gussstücke nur durch die vereinigte Arbeit Mehrerer zu bewirken ist. Selbstverständlich muss die Anzahl der Stunden oder Schichten, welche jedes Mitglied der Gruppe innerhalb eines Löhnungsabschnittes gearbeitet hat, aufgeschrieben und bei der Verteilung des Lohnes berücksichtigt werden; eine einfache Gesellschaftsrechnung ergibt dann den Betrag des einem jeden zukommenden Einzellohnes.

Die Putzer pflegen unter der Leitung eines Vorarbeiters in einer einzigen geschlossenen Gemeinschaft zu arbeiten, und das verdiente Gesamtlohn wird dann ebenfalls wie bei den Gruppen der Former nach Massgabe bestimmter Verhältniszahlen, welche nach der Geschicklichkeit, dem Fleisse und billigerweise auch dem Dienstalter des einzelnen bemessen sind, sowie nach Massgabe des in dem betreffenden Löhnungsabschnitte von jedem Teilhaber zurückgelegten Arbeitsstunden verteilt.

Das Lohn der Schmelzer bei den Kupolöfen der Eisengiessereien wird entweder in Schichtenlohn oder ebenfalls im Gedinge bezahlt. Als Vorarbeiter der Schmelzer pflegt der am Stichloche des Ofens beschäftigte Arbeiter angestellt zu sein; er besorgt während des Stillstandes des Ofens die Ausbesserungsarbeiten, seine Genossen zerschlagen inzwischen die Roheisenstücke und holen einen Vorrat von Roheisen und Koks herbei; während des Schmelzens pflegen zwei oder drei Arbeiter auf der Gicht beschäftigt zu sein, während die übrigen dafür sorgen, dass die Vorräte an Schmelzmaterialien auf der Gicht nicht ausgehen.

Verdingt man die Löhne, so kann man sie auf die Gewichtseinheit eingeschmolzenen Roheisens oder erfolgten Gusswerks beziehen. In Giessereien, wo alles Gusswerk aus einer einzigen Gruppe von Kupolöfen erfolgt, oder wo überhaupt sich mit Sicherheit nachweisen lässt,

wie gross die Menge des aus jenen Oefen hervorgegangenen Gusswerks war, ist die Löhnung nach dem erfolgten Gusswerke jedenfalls vorzuziehen. Die Schmelzer selbst erhalten dadurch das Bestreben, darüber zu wachen, dass möglichst wenig Gusseisen unnütz vergossen werde, um aufs neue eingeschmolzen zu werden; dass die Giesser also ihre Pfannen nicht stärker anfüllen, als für den jedesmaligen Guss erforderlich ist, dass etwa übrig gebliebene Reste in der Pfanne für einen anderen Guss noch verwertet werden, dass beim Einlassen des Eisens in die Pfanne möglichst wenig Eisen verspritze. Ein umsichtiger und thatkräftiger Schmelzer vermag in dieser Hinsicht sehr nützlich zu wirken; das Verhältnis zwischen erfolgtem Gusswerk und verbrauchtem Roheisen wird dadurch günstiger, der Abbrand und Koksverbrauch geringer. Im andern Falle liegt es im Nutzen der Schmelzer, dass möglichst viel Roheisen eingeschmolzen werde, das Verhältnis zwischen erfolgtem Gusswerk und verbrauchtem Roheisen also ungünstiger sich gestalte.

Gleiche Rücksichten sind für den Schmelzofenbetrieb der Stahlgiessereien massgebend.

Eine mühsame Arbeit ist in grossen Giessereien die Zusammenstellung der Lohnlisten, besonders dann, wenn man sich nicht darauf beschränkt, das verdiente Lohn nur für jede einzelne Gruppe von Arbeitern zu berechnen und ihnen zur eigenen Teilung zu überweisen, sondern wenn man, wie es durch Knappschaftsverhältnisse oder durch die persönlichen Eigentümlichkeiten des Arbeiterstamms häufig geboten ist, den jedem Einzelnen zukommenden Anteil nach den schon oben angedeuteten Grundsätzen berechnet und in der Lohnliste aufführt. Als Unterlage für diese Arbeit dienen teils das Tagebuch des Wagemeisters, in welchem er neben dem Gewichte der zur Abwage gebrachten Gusswaren den Namen des betreffenden Formers oder des Vorarbeiters einer Formergruppe vermerkt, teils das Gedingebuch und das Schichtenbuch des Formermeisters. Zweckmässig ist es, auch das Gewicht solcher Gusswaren mit in die Lohnliste aufzunehmen, welche etwa ausnahmsweise in Schichtenlohn gefertigt sind, und daneben die betreffenden Schichtenlöhne zu verschreiben; das Gesamtgewicht aller in der Lohnliste aufgeführten Gusswaren muss alsdann mit dem Gewichte der im Abwägebuche während des Löhnungsabschnitts gebuchten Gusswaren übereinstimmen und wird von hier aus in die Schmelzbücher wie in die noch zu besprechenden kaufmännischen Bücher übertragen.

Bei dem grossen Zeitaufwande, den die Aufstellung dieser Lohnlisten in grossen Giessereien erheischt, pflegt man hier nur alle vier Wochen (oder monatlich) vollständige Abrechnung zu halten und an den dazwischen liegenden Lohntagen Vorschusslöhne zu zahlen, welche dem ungefähren Verdienste der Arbeiter entsprechen.

Die kaufmännische Buchführung.

Obgleich es nicht in den Zielen eines Handbuches der Eisengiesserei liegen kann, eine Darlegung der gesamten kaufmännischen Buchführung zu liefern, soll doch in folgendem auf einige Dinge aufmerksam gemacht werden, welche zu berücksichtigen sind, wenn die erforderlichen Unter-

lagen für eine Selbstkostenrechnung bereits gefertigter oder für eine richtige Preisveranschlagung noch zu fertigender Gusswaren geschaffen werden sollen. Auch der gewiegteste Buchführer, der aus einem anderen Geschäfte in die kaufmännische Verwaltung einer Eisen- oder Stahlgiesserei übertritt, ist mit den Verhältnissen der letzteren und den technischen Fragen, welche hier in Betracht kommen, kaum jemals so vertraut, um ohne Beihilfe der Techniker sogleich den richtigen Weg für die Buchführung zu finden.

Alle vorkommenden Ausgaben und in Rechnung gestellten Beträge werden, wie es in jedem kaufmännischen Geschäfte notwendig ist, zunächst der Reihe nach teils im Kassenbuche, teils in der Strazze (Kladde, Memorial, Tagebuch) gebucht und aus diesen Büchern dann alltäglich in das Hauptbuch (Manual, Kontobuch) übertragen, welches gemäss den verschiedenen Zwecken der stattgehabten Ausgaben in einzelne Abteilungen zerfällt. Ob man diese als Rechnungen, Konti, Titel oder Positionen benennt, bleibt sich natürlich gleichgültig, wenn nur die Einteilung selbst eine solche ist, dass sich die für die Selbstkostenrechnung notwendigen Angaben ohne Schwierigkeit daraus entnehmen lassen.

Für eine Giesserei mit Tischler- und Schlosserwerkstatt empfiehlt sich die Anordnung folgender Rechnungen (Konti) in dem genannten Buche.

1. Tischlerei. Als „Soll“ erscheinen sämtliche Ausgaben einschliesslich des Wertes der beim Beginne des Betriebsjahres vorhandenen und der Tischlerei bereits überwiesenen Materialienvorräte; als „Haben“ der teils wirklich eingegangene, teils überschriebene Erlös für die gelieferten Arbeiten und am Schlusse des Betriebsjahres der Wert der übrig gebliebenen Materialienvorräte.

Aus Gründen, welche bei der unten folgenden Besprechung der Selbstkostenrechnung sich ergeben werden, ist es jedoch zweckmässig, die gezahlten Löhne bei der Tischlerei in einer, die Ausgaben für Holz in einer zweiten, die übrigen Ausgaben in einer dritten Spalte getrennt voneinander aufzuführen, so dass man am Jahresschlusse die Summen der einzelnen Spalten ziehen kann.

Die als Erlös erscheinenden Beträge zerfallen in:

a) Die Beträge für die den Fremden berechneten Modelle.

b) Die Beträge für Modelle, deren Kosten das Werk trägt. Sie werden der Modellrechnung zur Last geschrieben.

c) Die Beträge für neue Inventarstücke, z. B. neue Hobelbänke, welche der Inventarrechnung zur Last fallen.

d) Die Beträge für Instandhaltung und Ausbesserung der Modelle, welche die Giesserei zu tragen hat und deren „Betriebs- und Insgemeinkosten“ (siehe unten) zugerechnet werden.

e) Die Beträge für Einsetzen von Zwischenwänden in Formkasten und ähnliche Arbeiten, welche ebenfalls zu den Betriebskosten der Giesserei gehören und in monatlichen Summen gebucht werden können.

Angemessen ist es, zu den Ausgaben der Tischlerei auch einen Anteil an den sogenannten ständigen oder Insgemeinkosten des Werks, von denen unten ausführlicher die Rede sein wird, heranzuziehen. Die

Bemessung dieses Anteils kann alljährlich nach dem Verhältnisse zwischen den Löhnen der Tischlerei zu den Gesamtlöhnen des ganzen Werks bewirkt werden.

Die Berechnung der einzelnen Einnahmebeträge der Tischlerei geschieht auf Grundlage des in der Tischlerei geführten Arbeitsbuches (S. 444) und nach Massgabe der unten für die Selbstkostenrechnung entwickelten Grundsätze.

2. Schlosserei. Die Einrichtung dieser Rechnung oder dieses Kontos ist im wesentlichen die nämliche wie bei der Tischlerei. Die Ausgaben zerfallen hier wie dort in Löhne, in die Beträge für Materialien, und in allgemeine Ausgaben. Zu den letzteren kommt auch der bei der Tischlerei erwähnte, der Schlosserei zur Last fallende Anteil an den Insgemeinkosten. Die Einnahmebeträge sondern sich in die für Fremde berechneten, in die der Inventarrechnung zur Last fallenden (z. B. Beschläge für neue Formkasten) und in diejenigen Beträge, welche von der Giesserei getragen und deren Betriebskosten zugerechnet werden (Ausbesserung der Formkasten, Herstellung von Kerneisen u. s. w.).

Nur dann, wenn die mit der Eisengiesserei verbundene Schlosserwerkstatt ausschliesslich zur Ausführung von Ausbesserungsarbeiten und Fertigung solcher Gegenstände bestimmt ist, die dem Betriebe zur Last fallen (Kerneisen u. a.), alle Neuanfertigungen aber in besonderen von der Giesserei getrennten Werkstätten ausgeführt werden, kann die Schlossereirechnung ganz ausfallen, und die entstehenden Ausgaben für die Schlosserwerkstatt werden dann ohne weiteres unter den Betriebskosten der Giesserei gebucht.

3. Roheisen und Alteisen (bei Tiegelstahlschmelzereien **Stahl**). Gewicht, Kaufgeld, Fracht, Zölle, Löhne für das Aufstapeln u. s. w. werden derartig gebucht, dass man im stande ist, die Kosten, welche jeder einzelnen Eisen- oder Stahlsorte zur Last fallen, auszuziehen, um solcherart deren Selbstkosten auf dem Lagerplatze der Hütte zu ermitteln. Unter dem „Haben“ dieses Titels erscheinen die Beträge für das an die Schmelzöfen abgegebene Eisen u. s. w.

4. Schmelzkoks (beim Flammofenbetriebe Stein- oder Braunkohlen). Die Buchung geschieht hier in der nämlichen Weise wie beim Roheisen.

5. Heizstoffe (Steinkohlen, Braunkohlen, Torf, Holz). Auch hier werden die Anschaffungskosten in solcher Weise eingetragen, dass die Ermittelung der Selbstkosten mit Leichtigkeit möglich ist; unter „Haben“ werden dem Titel alsdann die Beträge für die an die verschiedenen Werkstätten und Betriebszweige (Tischlerei, Schlosserei, Kesselheizung, Heizung der Geschäftszimmer u. s. w.) abgegebenen Heizstoffe gutgeschrieben und als Unterlage hierfür die vom Materialienverwalter geführte Buchung (S. 446) benutzt. Selbstverständlich müssen mit den nämlichen Beträgen alsdann wiederum die Rechnungen (Konten) jener Werkstätten u. s. w. belastet werden.

6. Schmelzöfenbetrieb. Hierher kommen sämtliche Kosten, welche der Betrieb der Schmelzöfen erforderlich macht: Löhne, Roheisen, Alteisen, Stahl, Koks, Steinkohlen, Ausbesserung der Oefen u. a. m. Empfehlenswert ist es, die Löhne in einer, die Ausgaben für ver-

brauchtes Eisen (welche sich aus der Eisenrechnung ergeben) in einer zweiten, die Ausgabe für Brennstoffe in einer dritten, alle übrigen Ausgaben in einer vierten Spalte getrennt voneinander zu buchen, so dass man leicht die Summe jeder einzelnen Spalte ziehen kann.

7. **Formereimaterialien und Geräte.** Als Ausgabe erscheinen die Beträge für Anschaffung von Formsand, Masse, Lehm, Pferdedünger, Graphit, Holzkohlenstaub, Siebe, Pinsel, Kernnägel, Formerstifte u. s. w. Der Wert der wirklich verbrauchten Materialien und Geräte wird dieser Rechnung gut- und der Giesserei-Betriebsrechnung zur Last geschrieben. Hält man nicht sehr grosse Vorräte der einzelnen Materialien, so kann man der Einfachheit halber dieselben Beträge, welche für den Ankauf entfielen, auch ohne weiteres der Giesserei-Betriebsrechnung zuschreiben.

8. **Giesserei-Betriebskosten** (Giesserei-Betriebsrechnung). Hierher kommen alle diejenigen Ausgaben, deren Höhe mit der Lebhaftigkeit des Betriebes ab- und zunimmt. Es ist jedoch auch hier zweckmässig und zur Ermöglichung einer raschen Selbstkostenrechnung sogar notwendig, die sämtlichen Beträge wieder in einzelnen Gruppen oder Spalten getrennt voneinander zu buchen, und zwar

a) die Formerlöhne, d. h. alle diejenigen Löhne, welche zur unmittelbaren Herstellung von Gusswaren gezahlt wurden und aus der Lohnliste der Giesserei entnommen werden. Nicht hierher, sondern unter 7 gehören die Löhne für Aufbereitung der Formmaterialien; unter 8c die Löhne für Beförderung von Formkasten, Ausstreichen der Giesspfannen u. s. w.

b) Die Putzerlöhne.

c) Die sämtlichen übrigen Betriebkosten, z. B. Tagelöhne für Beförderung von Formkasten, Gusswaren, Ausstreichen der Giesspfannen, Hilfe beim Verladen und für sonstige allgemeinere Zwecke; Instandhaltung der Modelle (aus der Tischlereirechnung), der Formkasten und Geräte (aus der Schlossereirechnung), Herstellung von Kerneisen, Ziehplatten u. s. w. (teils aus der Schlossereirechnung, teils aus der Gusswarenrechnung, teils aus der Tischlereirechnung), Kosten für Materialien und Geräte (aus 7), für Kesselheizung (teils aus 5, teils aus der Lohnliste, in welcher das Heizerlohn verschrieben ist), für Maschinenwartung, für Beleuchtung, Heizung der Trockenkammern[1]), Spesen u. s. w.

9. **Insgemeinkosten oder ständige Kosten.** Es sind dieses alle solche Ausgaben, deren Höhe annähernd gleich bleibt, gleichviel, ob der Betrieb lebhaft oder schwach geht. Vornehmlich gehören hierher die Gehalte für die Beamten und Meister, Reiseentschädigungen, Verwaltungskosten, Steuern, Instandhaltung der Gebäude, Reinigung der Plätze und Verkehrswege, Zinsen, Magazinkosten, Abschreibungen, Verluste an Aussenständen u. s. w.

---

[1]) Wo Masse- oder Lehmguss in grösseren Mengen neben Sandguss gefertigt wird, ist es zweckmässig, die Kosten für Heizung der Trockenkammern in einer besonderen Spalte aufzuführen, um sie bei der Selbstkostenrechnung berücksichtigen zu können, je nachdem Sandguss oder getrockneter Guss zur Berechnung vorliegt.

10. Gusswaren-Darstellung. Im „Soll“ dieser Rechnung erscheinen die Summen aller jener Ausgaben, welche durch die Herstellung der Gusswaren veranlasst waren und aus den früheren Rechnungen (1, 2, 6, 8, 9) sich ergeben; im „Haben“ das Gewicht und der Verkaufspreis der erzeugten Waren. Am übersichtlichsten wird auch hier die Buchung sich gestalten, wenn man, wie im Abwägebuche (S. 444), die Gusswaren einteilt in solche, welche zum Verkaufe bestimmt sind, in solche, welche zur Vermehrung des Inventars dienen und deren Wert der Inventarrechnung zur Last geschrieben wird, und in solche, welche unmittelbar für den Betrieb verwendet werden sollen (Kerneisen, Ziehplatten u. a.) und demnach wiederum auf die Giesserei-Betriebskosten (8) übertragen werden.

11. Inventar. Diese Rechnung enthält den Geldwert der sämtlichen Inventarstücke (Formkasten, Werkzeuge, Möbeln u. s. w.). In das „Soll“ kommen die Kosten für Neuanschaffungen, in das „Haben“ die jährliche Abschreibung, welche von hier in das Soll den Insgemeinkosten übertragen wird. Man rechnet hierfür 10 bis 20 v. H. des Geldwertes.

12. Maschinen. Die Rechnung wird ebenso wie die vorige geführt und die jährliche Abschreibung (5 bis 10 v. H.) den Insgemeinkosten zugeschrieben.

13. Gebäude. Als Abschreibung rechnet man 1 bis 2 v. H. und verfährt übrigens wie bei 11 und 12.

14. Oefen. Bei der raschen Abnutzung der Oefen ist eine hohe Verhältniszahl von deren Werte als Abschreibung geboten. Man pflegt 10 bis 20 v. H. zu rechnen, und schreibt den Betrag ebenfalls den Insgemeinkosten zur Last.

15. Modelle. Bei dem sehr unbestimmten Werte, welchen die Modelle besitzen[1]), ist auch hier eine rasche Abschreibung wünschenswert. Man rechnet hierfür mindestens 10 v. H., besser ist es, 20 bis 25 v. H. dafür anzusetzen, so dass der Wert der Modelle mit einem nicht erheblich höheren Betrage zu Buche steht, als ihrem Materialwerte entspricht. Auch hier verfährt man wie bei 11 bis 14.

Zu den besprochenen Rechnungen treten für die rein kaufmännischen Zwecke der Buchführung noch einige andere (Kassenrechnung, Konto-Korrent-Rechnung, Grundstück-Rechnung u. a.), die jedoch für die Selbstkostenrechnung der Gusswaren nicht in Betracht kommen und aus diesem Grunde hier unerwähnt bleiben können. Manche Aenderung der vorgeschlagenen Einteilung des Hauptbuches ist möglich und kann in manchen besonderen Verhältnissen sogar zweckmässig sein. Jedenfalls sollte in allen Fällen jene Einteilung nur auf einer gemeinschaftlichen Erwägung des kaufmännisch gebildeten Buchhalters und des Giesserei-Vorstandes beruhen, und der letztere sollte in keinem

---

[1]) Man erwäge, dass der eigentliche Wert eines Modells nur dann zur Geltung gelangt, wenn es wiederum benutzt wird, welcher Fall bei sehr vielen Modellen zweifelhaft ist. Im anderen Falle besitzt es nur den geringen Wert des Holzes oder Metalls, aus dem es gefertigt wurde.

Falle sich der Mühe entziehen, sich mit den Einzelheiten der kaufmännischen Buchführung bekannt zu machen und ihre Bedeutung begreifen zu lernen. Ihm allein liegt es schliesslich ob, Preisveranschlagungen anzustellen, von deren Richtigkeit gar sehr das Gedeihen der Giesserei abhängt; ohne eine richtige Einteilung und Benutzung der kaufmännischen Bücher aber sind richtige Selbstkostenrechnungen überhaupt unmöglich.

Die Selbstkostenrechnung.

Selbstkostenrechnung der Tischlerei und Schlosserei.

Da die genannten Werkstätten nur eine Ergänzung zur Giesserei bilden und selten selbständige grössere Aufträge, unabhängig von der Gusswarenlieferung, ausführen, auch der Umfang des Betriebes gewöhnlich annähernd derselbe bleibt, kann man bei der Berechnung des Preises sowohl für bereits fertige als für noch zu fertigende Gegenstände in ziemlich einfacher Weise zu Werke gehen. Der Selbstkostenpreis jener Gegenstände setzt sich im wesentlichen aus drei Beträgen zusammen:

a) Dem verbrauchten Materiale, soweit dessen Menge überhaupt zu ermitteln war (Holz in der Tischlerei, Eisen und Metalle in der Schlosserei).

b) Den gezahlten Löhnen.

c) Allen übrigen Kosten, bestehend in dem Verbrauche an Werkzeugen und kleinen Materialien, Instandhaltung der Werkstatt und des Inventars, Gehalt des Meisters, Beleuchtung, dem betreffenden Anteile der Werkstatt an den Insgemeinkosten, u. s. w.

Diese letzterwähnten Kosten stehen zu den Löhnen in einem annähernd unveränderlichen Verhältnisse, so lange die Lohnsätze für die einzelnen Arbeiter sich nicht erheblich verändern, oder, besser ausgedrückt, so lange die geleisteten Arbeiten nach demselben Masse bezahlt werden; denn mit dem höheren Lohne, d. h. der Mehrleistung an Arbeit, steigt auch der Verbrauch an Materialien, Werkzeugen, Beleuchtung, das Inventar wird stärker abgenutzt u. s. w. Ermittelt man also nach Verlauf eines längeren Betriebsabschnittes, z. B. eines Jahres, das Verhältnis zwischen der Gesamtsumme an gezahlten Löhnen und der Gesamtsumme an jenen unter c genannten Ausgaben, so erhält man ein einfaches Mittel, den für jeden einzelnen Gegenstand entfallenden Betrag an jenen Kosten zu berechnen, sofern die Höhe des für die betreffende Arbeit gezahlten Lohns bekannt ist. Das erwähnte Verhältnis zwischen Löhnen und sonstigen Kosten lässt sich ohne Schwierigkeit durch einen Auszug aus der Rechnung der Tischlerei oder Schlosserei im Hauptbuche (vergl. S. 453) finden; von Zeit zu Zeit, mindestens alle Jahre nach erfolgtem Abschlusse der Bücher, prüfe man, ob das Verhältnis unverändert geblieben ist oder welche Veränderungen es erfahren hat. Ist eine Veränderung eingetreten, so kann man sich durch Vergleichung der einzelnen Ausgabebeträge gewöhnlich unschwer Rechenschaft geben, ob ihre Ursache lediglich in Zufälligkeiten zu suchen ist, oder ob sie

voraussichtlich auch fernerhin andauern wird, und auf diese Weise lernt man von Jahr zu Jahr richtiger rechnen. Die Höhe der verausgabten Löhne, sowie die Menge der verbrauchten Materialien, findet man in dem Arbeitsbuche (S. 444) der betreffenden Werkstatt.

Jenes Verhältnis zwischen Löhnen und Nebenausgaben ist in der Tischlerei fast immer geringer als in der Schlosserei, wo der Verbrauch an Feilen, Meisseln u. s. w., überhaupt der weit stärkere Verbrauch an kostspieligen Werkzeugen, es erhöht. In der Tischlerei wird das genannte Verhältnis selten erheblich höher als 1 : 1 sein (so dass man also den Betrag der gezahlten Löhne als Nebenausgaben hinzuzurechnen hat), ja mitunter sich noch niedriger beziffern; in der Schlosserei wird es kaum weniger als 1 : 1,5 betragen, d. h. man hat den anderthalbfachen Betrag der Löhne und mitunter noch mehr als Nebenausgaben in Rechnung zu stellen.

Benutzt man Werkzeugmaschinen in den genannten Werkstätten, so stellt sich das Verhältnis scheinbar noch ungünstiger, d. h. das Verhältnis der Nebenausgaben wird grösser. Der Grund hierfür liegt jedoch weniger in einer Zunahme jener Nebenausgaben, sondern vielmehr in der Verringerung der Löhne für die gleiche Arbeit. Die Arbeit geht doppelt oder dreifach so rasch von statten, mit wenigeren Arbeitskräften, also auch mit geringeren Löhnen, wird das nämliche geleistet wie in einer anderen Werkstatt mit zahlreicheren Arbeitskräften, aber ausschliesslicher Handarbeit. Streng genommen würde man demnach in einer und derselben Werkstatt verschiedene Verhältniszahlen anzuwenden haben, je nachdem eine Arbeit durch Handarbeit oder durch Maschinenarbeit vollbracht wurde; um diese Verhältniszahlen aber ausfindig zu machen, würde eine nicht unerhebliche Erweiterung der Buchführung notwendig sein. Mitunter erhöht man willkürlich die Verhältniszahl für Maschinenarbeit und rechnet z. B. bei Handarbeit 1 : 1,5, bei Maschinenarbeit 1 : 2 oder noch mehr. Bei der immerhin beschränkten Ausdehnung, welche die Anwendung von Werkzeugmaschinen in den Hilfswerkstätten, insbesondere der Schlosserei, einer Giesserei zu besitzen pflegt, spielt jener Unterschied hier eine weniger wichtige Rolle, als es z. B. in Maschinenfabriken der Fall ist.

Die in der beschriebenen Weise ermittelten Kosten stellen die Selbstkosten des dargestellten Gegenstandes dar; sie enthalten aber weder einen Betrag für die Verzinsung des Anlage- und Betriebskapitals der betreffenden Werkstatt noch einen Nutzen.

Für diejenigen Erzeugnisse der Tischlerei und Schlosserei nun, welche für Fremde bestimmt sind, kann man einen entsprechenden Mehrbetrag als „Nutzen“ den berechneten Selbstkosten hinzurechnen [1]). Wie hoch man diesen zu bemessen hat, muss von den jedesmaligen Verhältnissen abhängig sein, der Geschäftslage, der Höhe des Auftrags u. s. w. Am einfachsten bezieht man auch diesen Nutzen auf die Höhe der für

[1]) Bei Anfertigung neuer Modelle für Fremde berechnet man allerdings häufig nur die Selbstkosten unter der Voraussetzung, dass das Modell der Giesserei verbleibe; ja mitunter berechnet man nur einen Teil der Selbstkosten, wenn man Aussicht hat, das Modell auch noch für eigene Zwecke benutzen zu können.

die Arbeit gezahlten Löhne und bringt in den meisten Fällen den halben bis den gleichen Betrag derselben in Ansatz.

Bei der Selbstkostenrechnung derjenigen Arbeiten, welche dem Giesserei-Betriebe (Seite 455) oder der Inventarrechnung zur Last fallen, ist die Einrechnung eines Nutzens nicht erforderlich, da dieser doch nur von der Giesserei gedeckt werden müsste und die Selbstkosten der Giessereierzeugnisse erhöhen würde. Die betreffenden Nebenwerkstätten würden im anderen Falle zwar rechnungsmässig einen jenem berechneten Nutzen entsprechenden höheren Ertrag aufweisen; aber bei einer Giessereianlage sollen nicht jene, sondern die eigentliche Giesserei den Ertrag liefern, und die Uebersichtlichkeit der Verhältnisse, welche die Selbstkostenrechnung beeinflussen, würde unter einer solchen Berechnung leiden.

Beispiele.

1. Ein Modell, auf Bestellung eines Fremden gefertigt, koste zu seiner Herstellung 7,00 Mark Lohn; der Wert des verbrauchten Holzes sei 3,20 Mark. Ein Auszug aus der Tischlereirechnung des Hauptbuchs habe ergeben, dass im Verlauf des Betriebsjahres das Verhältnis der Löhne zu den Nebenkosten 1 : 0,9 betrage. Die Selbstkosten des Modells sind demnach:

Holzverbrauch	3,29 Mark
Löhne	7,00 „
Nebenkosten 0,9 × 7,00 . .	6,30 „
	16,50 Mark

Hat man nun nicht eine besondere Veranlassung, das Modell zu den Selbstkosten zu liefern, wird also z. B. nur ein einziger Abguss, dessen Gewicht vielleicht obenein gering ist, danach geliefert, so kann man einen Nutzen von 50 bis 100 v. H. der Löhne, also 3,50 bis 7,00 Mark hinzurechnen und der zu berechnende oder in Anschlag zu bringende Preis des Modells beträgt demnach 20,00 bis 23,50 Mark.

2. Im Laufe eines Monats sind für das Einsetzen von hölzernen Zwischenwänden in Formkasten an Löhnen gezahlt worden:

5 Stunden zu 25 Pfge. . . .	1,25 Mark
94 „ „ 20 „ . . .	18,80 „
99 „ „ 15 „ . . .	14,85 „
68 „ „ 10 „ . . .	6,80 „
	41,70 Mark

Der Wert des für diese Arbeit verbrauchten Holzes (welches in dem Arbeitsbuche der Tischlerei nach Quadratmetern und Stärke aufzuführen ist) betrage 25,60 Mark. Die Selbstkosten dieser Arbeiten beziffern sich demnach, wenn wieder das Verhältnis 1 : 0,90 massgebend für die Berechnung der Nebenkosten ist, wie folgt:

Holz	25,60 Mark
Löhne	41,70 „
Nebenkosten 0,9 × 41,70 . .	37,50 „
Summe	104,80 Mark

Dieser Betrag würde also der Tischlereirechnung gut-, der Giesserei-Betriebsrechnung zur Last zu schreiben sein.

3. Ein von der Giesserei gelieferter Stubenofen soll in der Schlosserei mit Beschlag versehen werden. Man gebraucht dazu 1 kg Schmiedeeisen zu 21 Pfge., 4 Stück Messingvorreiber zu 5 Pfge., Lohn 2 Mark; das Verhältnis der Löhne zu den Nebenkosten der Schlosserwerkstatt möge nach dem jährlichen Durchschnitte 1 : 1,6 betragen. Die Selbstkostenberechnung ergibt alsdann:

1 kg Eisen zu 21 Pfge.	0,21 Mark
4 Stück Messingvorreiber zu 5 Pfge. .	0,20 „
Lohn	2,00 „
Nebenkosten 1,6 × 2,00	3,20 „
	5,61 Mark

Da man aber nicht ohne Nutzen arbeiten will, würde ein entsprechender Betrag zuzuschlagen sein; rechnet man in diesem Falle 70 v. H. der Löhne, also 1,40 Mark als Nutzen, so ergibt sich der Verkaufspreis des Beschlages abgerundet zu 7,00 Mark.

4. 6 Stück neue Formkasten sind in der Schlosserei mit Beschlag versehen. An Eisen ist verbraucht 15 kg zu 21 Pfg., die Arbeitslöhne haben im ganzen 29,40 Mark betragen, also die Selbstkosten der Beschläge:

15 kg Eisen zu 21 Pfge. . . .	3,15 Mark
Arbeitslöhne	29,40 „
Nebenkosten 1,6 × 29,40 . . .	47,04 „
Summe (abgerundet)	79,60 Mark

Dieser Betrag wird der Inventarrechnung der Giesserei zur Last geschrieben.

Selbstkostenrechnung der Giesserei.

In der Giesserei gestaltet sich die Rechnung weniger einfach als in den Werkstätten. Der Kaufpreis und die Schmelzkosten des Roheisens (Alteisens, Stahls) kommen hier in Betracht, ausserdem aber der Umstand, dass jene als Insgemeinkosten benannten Ausgaben sich in Bezug auf den einzelnen Gegenstand verringern, wenn die Gusswarenerzeugung grösser ist und umgekehrt. Liegt doch in dieser Thatsache zum Teile die Erklärung, weshalb Werke mit grossem Umsatze durchschnittlich billiger arbeiten können, als kleinere. In einer und derselben Giesserei aber kann unter Umständen durch Uebernahme eines grossen Auftrages die Erzeugung nicht unerheblich gesteigert werden, und bei der Veranschlagung des zu fordernden Preises für einen in Aussicht stehenden Auftrag würde hierauf Rücksicht genommen werden müssen.

Die Herstellungskosten einer Gussware setzen sich zusammen aus den Kosten des flüssigen Eisens, den Former- und Putzerlöhnen, den übrigen Betriebskosten (S. 455, 8c) und den Insgemeinkosten.

Die Kosten des flüssigen Eisens in der Gussware ergeben sich aus dem Schmelzbuche (S. 447), der Roheisenrechnung, der Koks- oder Brennstoffrechnung und der Schmelzöfenbetriebsrechnung (S. 454).

Die durchschnittlichen Betriebsergebnisse der Schmelzöfen einer Eisengiesserei während eines längeren Betriebsabschnittes mögen z. B. ergeben haben, dass zur Darstellung von 1000 kg Gusswaren 1080 kg Roheisen aus den Vorräten, 145 kg Koks, 34 Stück Torf erforderlich sind; das Verhältnis der verschiedenen Roheisensorten bei dem Verbrauche sei 50 Teile deutschen Giessereiroheisens zum Preise von 110,00 Mark für 1000 kg und 50 Teile englischen zum Preise von 101,00 Mark für 1000 kg (die Roheisenpreise verstehen sich frei Werk und einschliesslich aller Nebenkosten, deren Höhe sich leicht aus der Roheisenrechnung ermitteln lässt). Der Preis von 1000 kg Koks frei Werk und einschliesslich Nebenkosten sei 20,00 Mark, der Preis von 1000 Stück Torf 3,00 Mark. Aus der Schmelzöfenbetriebsrechnung ermittelt man die durchschnittlichen Schmelzerlöhne bei Darstellung von 1000 kg Gusswaren, welche 3,10 Mark betragen mögen, und den Betrag der übrigen Schmelzkosten, ebenfalls auf 1000 kg dargestellter Gusswaren bezogen, welche sich auf 5,20 Mark beziffern mögen. Es kosten dann 1000 kg flüssigen Gusseisens in der Gussware (d. h. einschliesslich der Kosten, welche durch das Wiedereinschmelzen der entstehenden Abfälle hervorgerufen werden):

1080 kg Roheisen, bestehend aus

540 kg Roheisen, 1 t zu	110,00 Mark	59,40 Mark
540 kg „ , 1 t zu	101,00 „	54,54 „
145 kg Koks, 1 t zu	20,00 „	2,90 „
34 Stück Torf, 1000 Stück zu	3,00 „	0,10 „
Schmelzerlöhne		3,10 „
Sonstige Schmelzkosten		5,20 „
	Summe	125,24 Mark

Beim Tiegelstahlschmelzen tritt an Stelle des Roheisens Stahl, teils Bessemer- oder Martinstahl, teils Schweissstahl, obgleich dieser erheblich kostspieliger zu sein pflegt [1]); hierzu kommt die Ausgabe für Tiegel, welche sich auf 60 bis 100 Mark für 1000 kg Guss zu beziffern pflegt. Als Brennstoffe dienen Koks oder Steinkohlen (auch Braunkohlen), je nachdem Schachtöfen (für einen Betrieb im kleineren Massstabe) oder Siemensflammöfen (für einen grossen Betrieb) zum Schmelzen benutzt werden. Beispielsweise würde die Rechnung sich folgendermassen stellen können.

Bei Erzeugung von 1000 kg Gusswaren aus Tiegelstahl betrugen die Schmelzkosten:

450 kg Bessemerstahl 1 t zu 130 Mark	58,50 Mark
500 kg alter Stahl (Federn u. dergl.), 1 t zu 120 Mark	60,00 „
50 kg Schweissstahl, 1 t zu 230 Mark	11,50 „
20 kg Siliciumeisen, 1 t zu 250 Mark	5,00 „
3000 kg Koks, 1 t zu 20 Mark	60,00 „
Für Tiegel	80,00 „
Schmelzerlöhne	20,00 „
Sonstige Schmelzkosten	32,00 „
also kosten 1000 kg flüssiger Stahl in der Gussware	327,00 Mark

[1]) Die wieder eingeschmolzenen Abfälle von den früheren Schmelzen gehen hier so wenig als beim Kupolofenschmelzen durch die Rechnung.

Im Martinofen schmelzt man Roheisen neben schmiedbarem Alteisen; die Ausgabe für Tiegel kommt in Wegfall, der Brennstoffverbrauch und auch die Löhne sind niedriger als beim Tiegelschmelzen, dagegen findet ein grösserer Metallverlust durch Abbrand statt, welcher Berücksichtigung erfordert. Zum Beispiel:

Bei Erzeugung von 1000 kg Gusswaren aus Martinmetall betrugen die Schmelzkosten:

280 kg Roheisen, 1 t zu 125 Mark	35,00	Mark
790 kg Alteisen, 1 t zu 105 Mark	82,95	„
20 kg Spiegeleisen, 1 t zu 115 Mark	2,30	„
25 kg Siliciumspiegel, 1 t zu 240 Mark	6,00	„
1500 kg Steinkohlen, 1 t zu 14 Mark	21,00	„
Löhne für die Schmelzer und alle Nebenarbeiten . . .	15,00	„
Sonstige Schmelzkosten	24,50	„
also kosten 1000 kg flüssiges Martinmetall in der Gussware	186,75	Mark

Der gefundene Preis des flüssigen Eisens oder Stahls in der Gussware kann für die Kostenberechnung der Gusswaren so lange benutzt werden, als die bezüglichen Verhältnisse sich nicht ändern. Aenderungen können herbeigeführt werden teils durch erhebliches Steigen oder Fallen der Materialienpreise (Roheisen, Koks, Steinkohlen), teils durch eine wesentliche Vergrösserung oder Verringerung der Gusswarenerzeugung innerhalb einer bestimmten Zeit. Denn nicht allein die Kosten für das Anheizen der Oefen, sondern auch für ihre Instandhaltung, für die Wartung des Gebläses bei Kupolöfen u. s. w. bleiben, wenigstens annähernd, unverändert, ob man viel oder wenig Gusswaren darstellt. Je grösser also die Gusswarenerzeugung in der Zeiteinheit ist, desto geringer fallen die Schmelzkosten, auf 1000 kg dargestellter Gussware bezogen, aus, ja, selbst die Schmelzerlöhne können bei starkem Betriebe eine entsprechende Ermässigung erfahren. Es empfiehlt sich also, jene Kosten nicht nur als Durchschnittswerte in einem einzigen längeren Zeitabschnitte zu ermitteln, sondern auch durch öfters wiederholte Berechnung in verschiedenen Zeitabschnitten mit abweichendem Geschäftsgange sich ein Bild über die Veränderungen zu verschaffen, welche sie durch Vergrösserung oder Verringerung der Gusswarenerzeugung erleiden. Wichtig ist eine solche Kenntnis besonders in solchen Fällen, wo durch Annahme eines grösseren Auftrages auf Gusswaren, welcher jedoch nur durch thunlichste Ermässigung der Preisforderung zu erlangen sein wird, eine erhebliche Steigerung der Gusswarenerzeugung zu erwarten ist. Weiss man, um wie viel in diesem Falle die Schmelzkosten und Schmelzerlöhne sich ermässigen werden, so wird man mit grösserer Ruhe ein entsprechend niedrigeres Angebot stellen können.

Zu diesem Preise des flüssigen Eisens oder Stahls treten nun die schon erwähnten Kosten für Herstellung der Gusswaren. Der auf die einzelne Gussware entfallende Anteil an Betriebskosten (Tagelöhne, Instandhaltung der Geräte, Verbrauch an Formsand u. a. m.) wird, wie bei der Kostenberechnung der Erzeugnisse aus den Werkstätten, am richtigsten auf die Höhe der gezahlten Löhne bezogen; denn mit den

Löhnen wachsen auch jene Ausgaben in einem annähernd gleichen Verhältnisse. Man ermittelt also nach den Durchschnittsergebnissen eines längeren Betriebsabschnittes, z. B. eines Betriebsjahres, das Verhältnis der Betriebskosten (ausschliesslich der Löhne) zu den für Herstellung von Gusswaren gezahlten Löhnen (Formerlöhnen und Putzerlöhnen [1]), deren Gesamtbetrag sich aus der Giessereibetriebsrechnung ergibt, und schlägt dann den entsprechenden Betrag den Löhnen hinzu. In den meisten Eisengiessereien dürfte das Verhältnis der Betriebskosten zu den Löhnen 1,0 bis 1,3, in den Stahlgiessereien dagegen wegen der Mehrausgaben für das kostspieligere Formmaterial, das Trocknen der Gussformen, das Ausglühen der Gusswaren 1,5 bis 2,0 betragen.

Als letzte Ausgabe erscheint nun der Anteil der einzelnen Gusswaren an den Insgemeinkosten des Werkes. Da diese Insgemeinkosten, wie oben erwähnt wurde, annähernd unverändert bleiben, der Betrieb mag schwach oder stark sein, so ist auch hierauf Rücksicht zu nehmen, falls durch Uebernahme eines grösseren Auftrages eine erhebliche Zunahme der Gusswarenerzeugung zu erwarten ist. Am zweckmässigsten ist es wohl, auch diese Kosten auf die Löhne zu beziehen und ebenso, wie bei den Betriebskosten, das betreffende Verhältnis zu den Löhnen zu ermitteln. Steigert sich die Gusswarenerzeugung, so nehmen auch die Löhne zu, und das Verhältnis der Insgemeinkosten zu ihnen wird niedriger. Leichter allerdings würden sich diese Veränderungen der von dem einzelnen Gegenstande zu tragenden Insgemeinkosten überblicken lassen, wenn man sie auf die Gewichtseinheit der Gusswarenerzeugung statt auf die Löhne bezöge; aber schwere Gusswaren, welche sich in leichter Weise, also mit billigen Löhnen, fertigen lassen, würden dadurch unverhältnismässig mit Insgemeinkosten belastet werden und sich teurer berechnen, als es dem Nutzen des Werkes entspricht. Das Verhältnis der Insgemeinkosten zu den Löhnen wird sich meistens zwischen 0,4 bis 0,6 bewegen.

Zu diesen Selbstkosten der Gusswaren tritt bei Berechnungen des zu fordernden Kaufpreises noch der zu erzielende Nutzen einschliesslich der Verzinsung des Anlage- und Betriebskapitals. Auch in der Giesserei (wie in den Werkstätten) muss die Höhe dieses Nutzens von der Geschäftslage abhängig sein; jedenfalls aber hat man dahin zu streben, so zu arbeiten, dass auch bei schlechtem Geschäftsgange mindestens ein Ertrag von 4 v. H. des Kapitals sich ergibt, während bei gewöhnlichen Verhältnissen in Anbetracht des Wagnisses, welches immerhin mit dem Betriebe eines gewerblichen Unternehmens verknüpft ist, ein Ertrag von 4 v. H. als zu niedrig bezeichnet werden muss. Zu leugnen ist es freilich nicht, dass Fälle eintreten können, wo man sich zweckmässigerweise mit einem noch geringeren Nutzen als 4 v. H.

---

[1]) Weniger zweckmässig scheint es mir zu sein, die Putzerlöhne zu den übrigen Betriebskosten zu schlagen, und dann jenes Verhältnis nur auf die Formerlöhne zu beziehen. Jede kleine Unrichtigkeit in der Veranschlagung der Löhne für eine einzelne zu berechnende Gusswarenlieferung vervielfacht sich alsdann bei der Veranschlagung der Selbstkosten stärker als bei der oben angegebenen Berechnungsweise, und die Unterschiede zwischen den wirklichen und den berechneten Herstellungskosten fallen dementsprechend höher aus.

begnügt, um nur den Betrieb in lebhaften Gange zu erhalten; denn wie mehrfach hervorgehoben wurde, steigen sofort die Selbstkosten sämtlicher Erzeugnisse der Giesserei, sobald der Betrieb flau geht und die Gusswarenerzeugung unter die Grenze sinkt, welche durch den Umfang der vorhandenen Betriebseinrichtungen gegeben ist. Jener Fall muss aber, auch wenn er ab und an unvermeidlich ist, zu den Ausnahmen gehören, und das Werk büsst seine Lebensfähigkeit ein, wenn er zur Regel wird.

Die Berechnung des Nutzens, welchen der einzelne Gegenstand oder die einzelne Gruppe von Gusswaren zu bringen hat, lässt sich mit Hilfe des Verhältnisses des gesamten zu einer bestimmten Verzinsung des Kapitals erforderlichen Ertrages zu den gesamten Löhnen der Former und Putzer in einer Zeit mit befriedigendem Geschäftsgange bewirken. Beträgt z. B. das zu verzinsende Kapital (bei einer Aktiengesellschaft der Nennwert der ausgegebenen Aktien) 400000 Mark, so würden an Ertrag jährlich aufzubringen sein:

Bei einer Verzinsung zu	5	v. H.	20000 Mark
„ „ „ „	6	„	24000 „
„ „ „ „	7	„	28000 „
„ „ „ „	10	„	40000 „

u. s. f. Wenn nun in gesunden Zeiten die Summe der im Jahre gezahlten Löhne zur Herstellung von Gusswaren (Former- und Putzerlöhne) 67500 Mark beträgt, so würde das Verhältnis der Verzinsung zu den Löhnen betragen:

Bei einer Verzinsung zu	5	v. H.	0,3
„ „ „ „	6	„	0,35
„ „ „ „	7	„	0,4
„ „ „ „	10	„	0,6

u. s. f.

Diese unter befriedigenden Verhältnissen ermittelten Verhältniszahlen werden in den meisten Fällen auch beibehalten werden können, wenn der Betrieb entweder infolge ungünstiger Verhältnisse eingeschränkt oder infolge günstiger Verhältnisse ausgedehnt wird. Denn bei der Einschränkung würden allerdings, damit derselbe Ertrag wie vorher erzielt werde, die Verhältniszahlen grösser werden müssen; gerade aber weil die Betriebseinschränkung regelmässig eine Folge ungünstiger Handelsverhältnisse, gedrückter Preise u. s. w. ist, wird man in diesem Falle sich mit einem geringeren als dem durchschnittlich anzustrebenden Nutzen zu begnügen haben, wenn man überhaupt noch Aufträge erhalten will. Andererseits ist es nicht mehr als billig, dass durch den lebhafteren Betrieb auch der Ertrag des Werkes gesteigert werde, und dieser Fall tritt von selbst ein, wenn trotz der gesteigerten Lohnsumme in dieser Zeit jene ermittelte Verhältniszahl unverändert beibehalten wird.

Beispiele.

1. Der Preis für eine Anzahl einfacher Gegenstände aus Gusseisen, deren Herstellung weder besondere Modell- noch Schlosserkosten er-

heischt, soll veranschlagt werden. Das Formerlohn einschliesslich der Anfertigung des Kerns betrage für 1000 kg 25,00 Mark, das Putzerlohn 6,00 Mark, also das gesamte für 1000 kg Gussware zu zahlende Lohn 31,00 Mark; die Roheisenpreise, Koks, Torf, Schmelzkosten seien die nämlichen wie in dem oben (S. 461) berechneten Beispiele und mithin auch der Preis von 1000 kg flüssigen Eisens in der Gussware der gleiche wie dort; das Verhältnis der Betriebskosten der Giesserei zu den Löhnen sei 1,2, das Verhältnis der Insgemeinkosten zu den Löhnen durchschnittlich 0,5 und eine Aenderung in den Betriebsverhältnissen durch die Annahme des Auftrages nicht zu erwarten. Die Selbstkosten von 1000 kg der angefragten Gusswaren betragen alsdann:

1000 kg flüssigen Eisens in der Gussware	125,24	Mark
Former- und Putzerlohn	31,00	„
Betriebskosten 1,2 × 31,00	37,20	„
Insgemeinkosten 0,5 × 31,00	15,50	„
Summe der Selbstkosten	208,94	Mark

Hierzu kommt nun der zu erzielende Nutzen. Hierfür würde unter Zugrundelegung der oben beispielsweise angenommenen Verhältnisse bei einer Verzinsung des Kapitals mit 7 v. H. 0,4 der Löhne, also 0,4 × 31,00 = 12,40 Mark anzusetzen sein; der zu fordernde Verkaufspreis für 1000 kg Gusswaren betrüge demnach 221,34 Mark oder abgerundet 222,00 Mark.

War der Preis nicht nach Gewicht, sondern stückweise verlangt, so ermittelt man das Gewicht eines Abgusses durch Rechnung und erhält dann leicht den Stückpreis. Natürlich ist bei der Anfertigung darauf zu halten, dass das berechnete Durchschnittsgewicht thatsächlich nicht überschritten werde, weil sonst allerdings der Fall eintreten könnte, dass man mit Schaden statt mit Nutzen arbeitet. Empfehlenswert ist es immer, wenn es die Geschäftslage irgend gestattet, bei solchen Stückpreisen einen Zuschlag von 5 bis 10 v. H. zu dem berechneten Stückpreise zu geben, um dem Wagnisse, welches in der Ueberschreitung des Gewichts liegt, Rechnung zu tragen.

2. Es seien eben solche Gussstücke wie unter 1., jedoch in Stahlguss statt in Eisenguss verlangt. Die Preise des flüssigen Stahls in der Gussware seien die nämlichen, wie oben sowohl für Tiegelstahl als für Martinmetall berechnet wurde. Der Formerlohn ist höher und möge sich auf etwa 35 Mark für 1000 kg Guss beziffern; das Putzerlohn sei 8 Mark. Das Verhältnis der Betriebskosten zu den Löhnen ist gleichfalls höher und möge 1,5 betragen; für das Verhältnis der Insgemeinkosten zu den Löhnen kann die gleiche Ziffer wie beim Eisengusse angenommen werden. Man erhält alsdann die Selbstkosten

a) für Tiegelstahl:

1000 kg flüssiger Stahl . . .	327,00	Mark
Former- und Putzerlohn . . .	43,00	„
Betriebskosten 1,5 × 43,00 . .	64,50	„
Insgemeinkosten 0,5 × 43,00 .	21,50	„
Summe der Selbstkosten	456,00	Mark

Der bei Stahlguss in Rechnung zu stellende Nutzen muss sich, auf die gezahlten Löhne bezogen, höher beziffern als bei Eisenguss, da das erforderliche Anlage- und Betriebskapital höher ist; rechnet man hierfür 0,8 der Löhne, so ergibt sich ein Verkaufspreis von rund 490 Mark.

b) Für Martinstahl:

1000 kg flüssigen Metalls in der Gussware kosteten der früheren Berechnung zufolge 186,75 Mark; die Former- und Putzerlöhne sind die nämlichen wie beim Tiegelstahlguss. Daher erhält man als Selbstkosten 315,75 Mark für 1000 kg und als Verkaufspreis bei gleichem Verhältnisse des Nutzens zu den Löhnen wie beim Gusse aus Tiegelstahl etwa 350 Mark.

3. Es soll ein Gegenstand aus Gusseisen, z. B. eine 2200 kg schwere Walze für Eisenwalzwerke, gefertigt werden, für welche eine geänderte Auswahl der Roheisensorten im Kupolofen notwendig ist; und zwar soll das billigere Roheisen aus der oben erwähnten Zusammenstellung ganz fortgelassen und durch ein festes Holzkohleneisen ersetzt werden, dessen Preis frei Werk 120,00 Mark betrage. Das Former- und Putzerlohn möge für 1000 kg Guss 15,00 Mark betragen, während alle übrigen Verhältnisse dieselben wie bei dem Beispiele 1 sind.

Zunächst muss der Preis des flüssigen Gusseisens in der Gussware neu berechnet werden. Das Beispiel auf Seite 461 zeigt hierfür den Weg. 1000 kg flüssigen Gusseisens erfordern 1080 kg Roheisen, nämlich:

540 kg Roheisen, 1 t zu 110,00 Mark . . .	59,40 Mark
540 kg Roheisen, 1 t zu 120,00 „ . . .	64,80 „
Alle übrigen Schmelzkosten wie früher . . .	10,57 „
Former- und Putzerlohn	15,00 „
Betriebskosten 1,2 × 15,00	18,00 „
Insgemeinkosten 0,5 × 15,00	7,50 „
Zusammen	175,27 Mark

Die Walze muss jedoch, um dicht zu werden, mit einem verlorenen Kopfe gegossen werden, welcher in der Schlosserei durch Bohren oder Abdrehen entfernt werden muss. Das Lohn für diese Arbeit möge 4,00 Mark betragen, die Kosten einschliesslich der Betriebskosten der Schlosserei also ungefähr 12,00 Mark. Es ist ferner zu berücksichtigen, dass der abfallende verlorene Kopf, dessen Gewicht etwa 600 kg betragen möge, ebenfalls jenes kostspieligere Roheisen enthält, an und für sich aber, da er sich schwierig einschmelzen lässt, nur einen Wert von etwa 60 Mark für 1000 kg besitzt. Der hierdurch entstehende Ausfall, welcher den oben berechneten Selbstkosten hinzugeschlagen werden muss, beträgt also für 1000 kg des Kopfgewichtes 59,40 + 64,80 + 10,57 — 60 = 74,77 Mark, also für den 600 kg schweren Kopf 44,86 Mark. Hierzu die oben berechneten Schlosser-

Zum Uebertrag 175,27 Mark

Uebertrag 175,27 Mark

kosten von 12,00 Mark für das Abbohren ergibt die Summe der durch Anwendung des verlorenen Kopfes erwachsenden Nebenkosten = 56,86 Mark. Bei dem Gewichte der Walze von 2200 kg betragen also die Nebenkosten für 1000 kg Guss . . . . 25,85 Mark

Summe der Selbstkosten 201,12 Mark

Hierzu der Nutzen, welcher in diesem Falle zu 0,5 der Löhne angenommen werden möge: $0{,}5 \times 15{,}00$ . . 7,50 „

Summe Verkaufspreis 208,52 Mark

oder abgerundet 210,00 Mark.

Wesentlich höher dagegen müsste der Preis bemessen werden, wenn der Empfänger der Walze auch eine Gewähr verlangt, dass die abgelieferte Walze bei der Bearbeitung sich als vollständig dicht erweise, und sich vorbehält, sie im anderen Falle zurückzuliefern. Die Mehrkosten, welche der verlorene Kopf verursacht, wurden oben zu 44,86 Mark (ausschliesslich des Abbohrens) für 600 kg Gewicht ermittelt; die durch eine unbrauchbare Walze entstehenden Kosten würden zu jenen sich annähernd wie die Gewichte verhalten und sich demnach auf $\frac{2200}{600}\ 44{,}86 = 164{,}50$ Mark beziffern. Lässt die Walze wegen eines grossen Durchmessers sich schwierig zerkleinern, so würde auch hierfür noch eine betreffende Summe hinzugerechnet werden müssen; hat das Werk die Fracht der Rücksendung zu tragen (bei Lieferungen nach auswärts), so kommt auch dieser Betrag hinzu. Von den Ansprüchen, welche der Empfänger stellt, wird es abhängen müssen, wieviel jenes Betrages, welcher das Wagnis der Giesserei gegenüber dem geringen Nutzen darstellt, dem berechneten Verkaufspreise hinzuzurechnen ist. Bei Walzen für Papierdarstellung, wo das kleinste Luftbläschen auf der Aussenfläche oft schon als Grund, sie zu verwerfen, betrachtet wird, kann man auch bei sorgfältiger Arbeit mitunter zwei unbrauchbare Walzen gegenüber einer brauchbaren giessen; man müsste also die doppelte obige Summe, also 329,00 Mark oder für 1000 kg 149,54 Mark dem Verkaufspreise hinzuschlagen, so dass sich letzterer auf abgerundet 360 Mark beliefe; bei Walzen für Eisenwalzwerke ist die Gefahr des Fehlgusses weniger gross, immerhin aber doch das Wagnis unverhältnismässig bedeutend gegenüber dem beim Gelingen des Gusses bleibenden geringen Nutzen. Besonders in Rücksicht hierauf würde es nicht unbillig sein, wenn man die Kosten eines einmaligen Fehlgusses, also 164,50 Mark oder für 1000 kg 74,77 Mark dem berechneten Verkaufspreise hinzuschlägt, und dieser beträgt alsdann $208{,}52 + 74{,}77 = 283{,}29$ oder abgerundet 285 Mark.

Häufig wird man allerdings in solchen Fällen auch von vornherein einen höheren Lohn bewilligen, um auch den Former für das von ihm übernommene Wagnis zu entschädigen, und die Rechnung wird dann demgemäss anders.

Soll der Guss in Stahl statt in Gusseisen ausgeführt werden, so kommen gleiche Rücksichten in Betracht, während im übrigen die unter 2. entwickelten Beispiele als Erläuterung dienen können.

4. Es liegt eine Anfrage vor über Lieferung von 500 laufenden Metern Muffenrohren 500 mm weit, 1 laufender Meter 200 kg schwer. Das Former-, Kernmacher- und Putzerlohn betrage für 1000 kg 26,00 Mark; die Eisenmischung im Kupolofen sei die gewöhnliche; erhebliche Aenderungen im Betriebe durch die Uebernahme des Auftrags nicht zu erwarten, Modelle, Formkasten und Kernspindeln vorhanden, alle übrigen Verhältnisse wie Beispiel 1. Die Selbstkosten betragen alsdann für 1000 kg Guss:

1000 kg flüssiges Eisen . . .	125,24	Mark
Löhne	26,00	„
Betriebskosten 1,2 × 26,00 .	31,20	„
Insgemeinkosten 0,5 × 26,00 .	13,00	„
	195,24	Mark
Hierzu Nutzen 0,4 × 26,00 .	10,40	Mark
Summe Verkaufspreis	205,64	Mark

oder für 1 laufenden Meter 41,12 Mark.

5. Die soeben berechneten 500 mm weiten Rohre mögen nur einen Bestandteil einer grossen Röhrenlieferung ausmachen, durch deren Uebernahme, ohne dass eine Vergrösserung des Inventars erforderlich sein würde, die Gusswarenerzeugung während mehrerer Monate hindurch auf das anderthalbfache der durchschnittlich erreichten gesteigert werden würde, für welche die oben zu Grunde gelegten Schmelzkosten und Insgemeinkosten ermittelt worden waren.

In diesem Falle lässt sich mit Sicherheit erwarten, dass sowohl die Schmelzkosten als auch die Insgemeinkosten eine Abminderung erfahren werden; selbst wenn ein ähnlicher Fall auf dem betreffenden Werke noch nicht vorgelegen haben sollte, wird man sich sagen, dass bei den Kupolöfen eine Verringerung des Koksverbrauchs, der Kosten für Ausbesserungen, der Löhne eintreten muss, und man wird mit Hilfe des Schmelzbuchs und des Hauptbuchs sogar im stande sein, annähernd diese Verringerung zu veranschlagen.

Es muss also zunächst eine neue Selbstkostenberechnung des flüssigen Gusseisens angestellt werden, welche sich ungefähr folgendermassen stellen wird:

1080 kg Roheisen, bestehend aus				
540 kg Roheisen, 1 t zu	110,00	Mark	59,40	Mark
540 kg Roheisen, 1 t zu	101,00	„	54,54	„
120 kg Koks; 1 t zu	20,00	„	2,40	„
24 Stück Torf, 1 t zu	3,00	„	0,07	„
Schmelzerlöhne			2,95	„
Sonstige Schmelzkosten			4,00	„
		Summe	123,36	Mark

Den Betrag für die Insgemeinkosten für 1000 kg Gusswaren würde man ohne Gefahr, zu geringe Preise zu erhalten, von 0,5 der Löhne auf 0,4 verringern können; und es betrüge alsdann der Selbstkostenpreis jener 500 mm weiten Rohre, auch wenn man eine bei dem grösseren Auftrage nicht unbillige Ermässigung der Formerlöhne nicht in Betracht zieht:

1000 kg flüssiges Eisen . . .	123,36	Mark
Löhne	26,00	„
Betriebskosten 1,2 × 26,00 . .	31,20	„
Insgemeinkosten 0,4 × 26,00 .	10,40	„
Summe	190,96	Mark

In flauer Geschäftszeit würde man bei dem grösseren Auftrage sich auch nicht ungern mit einem etwas geringeren Nutzen begnügen und also hierfür statt 0,4 der Löhne nur 0,3, d. i. 7,80 Mark ansetzen. Es betrüge dann der Verkaufspreis für 1000 kg 198,76 Mark oder für den laufenden Meter 39,75 Mark.

Vorstehende Beispiele werden ausreichen, die Anwendung der oben gegebenen Regeln zu erläutern; sie können aber auch den Beweis liefern, dass eine rein schablonenmässige Berechnung der Preise häufig zu sehr nachteiligen Ergebnissen führen würde, und dass vielmehr die Einsicht und die Erwägung des betriebsführenden Ingenieurs in jedem wichtigeren Falle den Ausschlag für die Art und Weise der Berechnung zu geben hat. Denjenigen Lesern, welchen ein ausführlicheres Studium dieser wichtigen Frage wünschenswert erscheint, sei die hierunter aufgeführte Litteratur empfohlen, in welcher zum Teile auch andere Wege für die Buchführung und Selbstkostenrechnung als vorstehend beschrieben worden sind.

Litteratur.

A. Messerschmitt, Die Kalkulation in der Eisengiesserei und der Giesserei-Techniker in seinem Betriebe, nebst Anhang über Akkord-Verträge und die gebräuchlichsten Akkordsätze, sowie Beispiel der Anwendung der Kalkulation auf Formmaschinenbetrieb. Zweite Auflage. Essen 1886.

E. von Köppen, Ueber Giesserei-Kalkulation. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1881, S. 193, auszugsweise im „Metallarbeiter“ 1881, S. 163.

Hermann Schmelzer, Die Werkstättenbuchführung für den Maschinenbau, 3. Auflage, bearbeitet von A. H. Gies. Leipzig 1900.

Ackermann, Praktische Buchführung für Maschinenfabriken und Eisengiessereien. München 1893.

Job, einfache und doppelte Buchführung für Eisengiessereien und Maschinenfabriken. Mittweida 1890.

Hartleib, Der industrielle Lohnbuchhalter und Kalkulator mit besonderer Berücksichtigung der Maschinenfabrikation. Berlin 1895.

Hartleib, Doppelte Spezialbuchführung für Maschinenfabriken. Berlin 1896.

Verzeichnis der Abbildungen.

Alphabetisches Sachverzeichnis

H.

I.

K.

L.

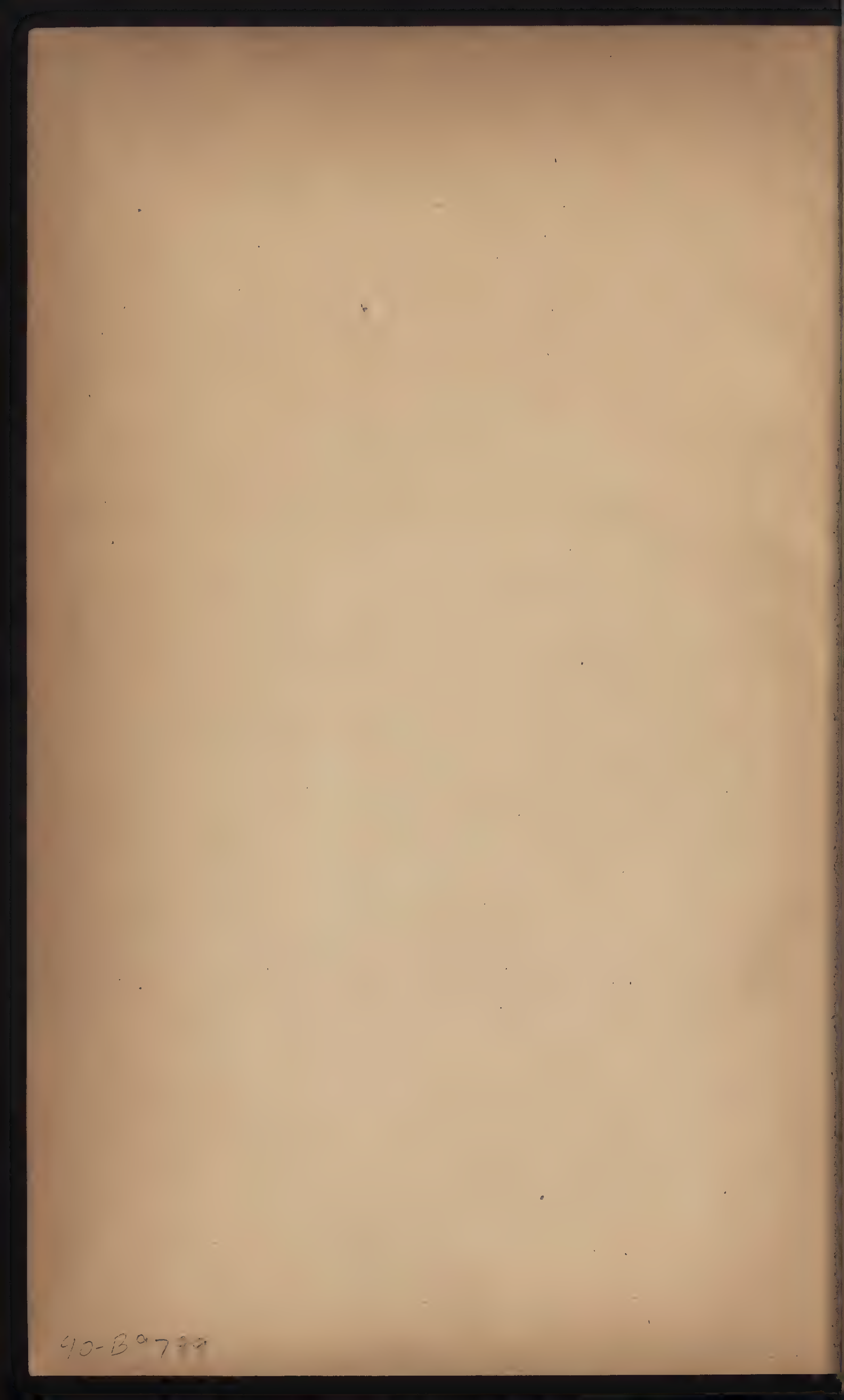
M.

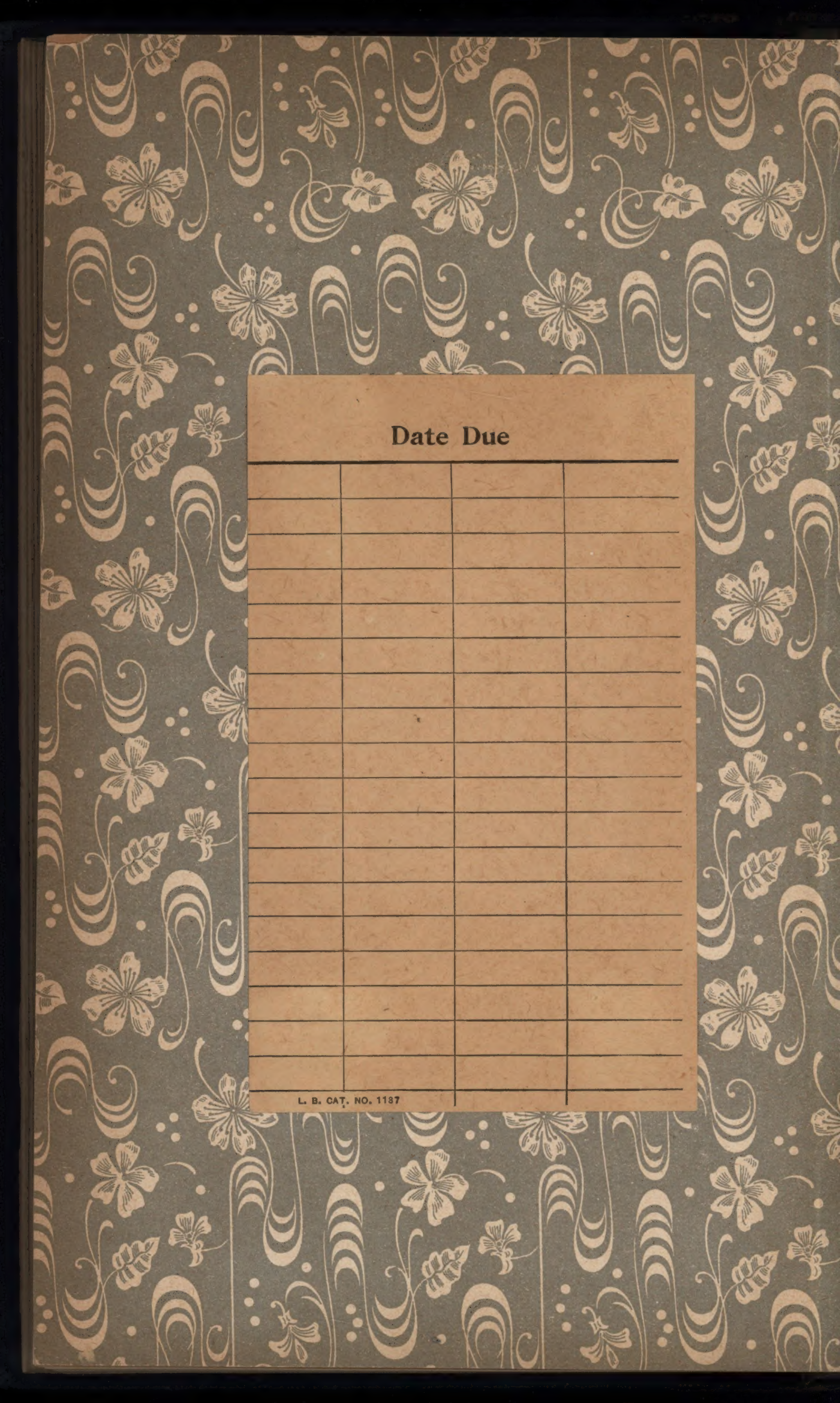
N.

O.

P.

Buchdruckerei von Straubing & Müller, Weimar.




Date Due
L. B. CAT. NO. 1137



671 L498
ed 3
GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00000 4933

